

SILVOLOGIE

Vol. VI

AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Noi concepții și fundamente științifice

Sub redacția
VICTOR GIURGIU
IOAN CLINCIU



EDITURA ACADEMIEI ROMÂNE

FOREST SCIENCE

VOL. VI

TORRENTIAL WATERSHEDS MANAGEMENT
New conceptions and scientific backgrounds

Sponsori:

CABINET DE AVOCAT: CLINCIU AURELIA,
BAROUL BRAȘOV
S.C. GEODATA SYSTEM SRL
S.C. AQUA CON. S.A.
S.C. GEOPROCESSING SRL
CRISTESCU COSTINEL

SILVOLOGIE

VOL. VI

AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Noi concepții și fundamente științifice

Copyright © Editura Academiei Române, 2008.
Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate editurii.

EDITURA ACADEMIEI ROMÂNE
Calea 13 Septembrie, nr. 13, sector 5
050711, București, România
Tel.: 4021-318 81 46, 4021-318 81 06
Fax: 4021-318 24 44
E-mail: edacad@ear.ro
Adresa web: www.ear.ro

Referenți științifici: Acad. CRISTIAN HERA
Prof. GHEORGHE SIN,
membru corespondent
al Academiei Române

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
Silvologie / autori: acad. N. Boșcaiu, Val. Enescu, acad.
M. Botzan...; sub redacția V. Giurgiu... –București:
Editura Academiei Române, 1997-
vol.
ISBN 973-27-0570-1

**Vol. 6. Amenajarea bazinelor hidrografice
torentiale : noi concepții și fundamente științifice. -**
2008. –ISBN 978-973-27-1702-8;

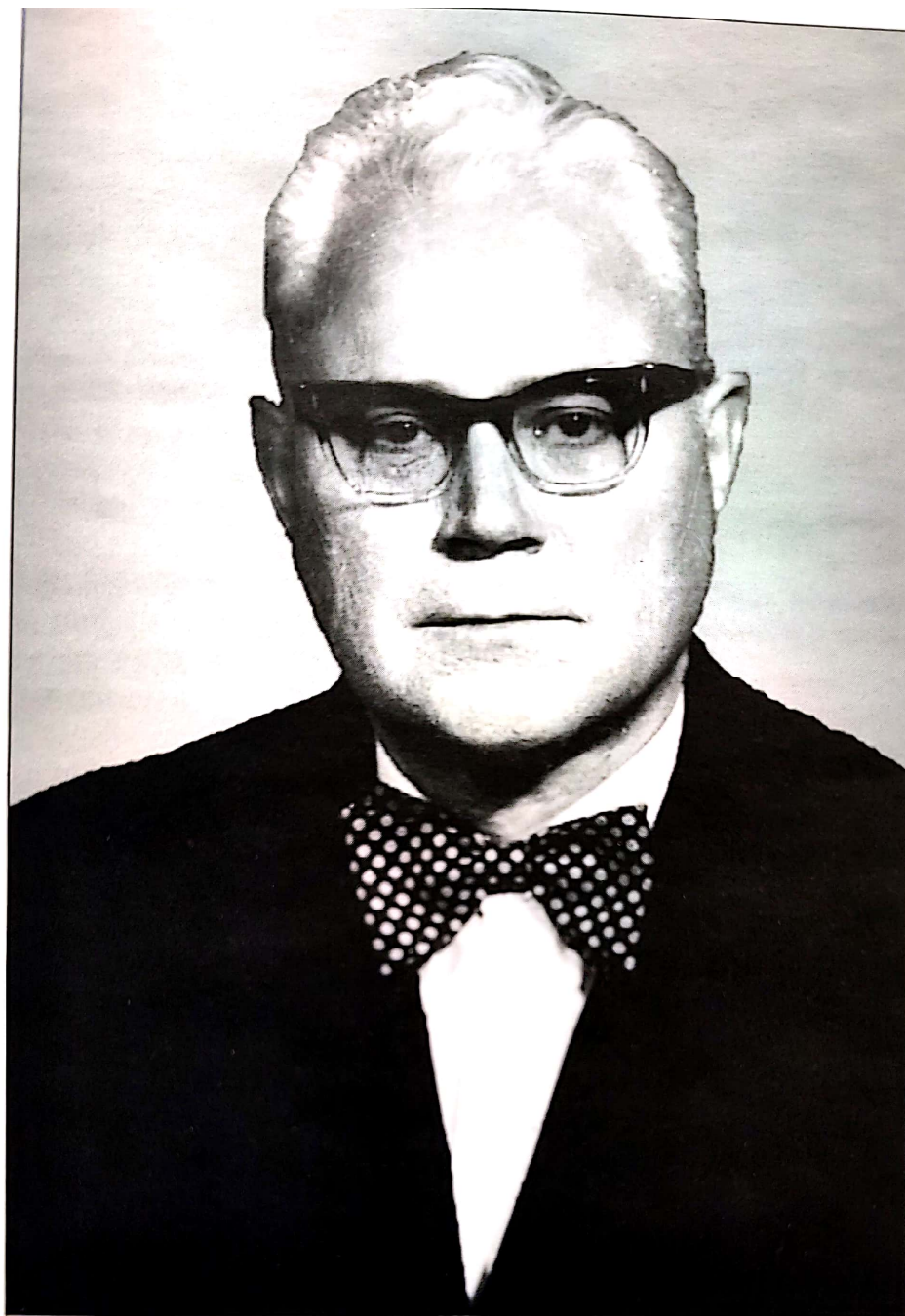
I. Giurgiu, Victor (coord.)
II. Clinciu, Ioan (coord.)

630(498)

Redactor: Doina ARGEȘANU
Tehnoredactor: Cătălina RADU
Coperta: Mariana ȘERBĂNESCU

Bun de tipar: 11.08.2008. Format: 16/70 × 100.
Coli de tipar: 23,25

C.Z. pentru biblioteci mari: 634.9(498)(082)
C.Z. pentru biblioteci mici: 63



J. Munteanu

Volum dedicat memoriei
distinsului profesor și silvicultor
român Stelian Munteanu (1918–1990),
membru corespondent al
Academiei Române

CUPRINS

Contents	11
Cuvânt înainte (<i>Victor Giurgiu, Ioan Clinciu</i>)	13
Foreword	15
1. Stelian Munteanu, fondatorul școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale (<i>Victor Giurgiu</i>)	17
1.1. Date biografice	17
1.2. Considerații asupra operei științifice a profesorului Stelian Munteanu	23
1.3. Lista lucrărilor publicate de către profesorul Stelian Munteanu	34
2. Viziunile și previziunile științifice ale profesorului Stelian Munteanu, în contextul noilor concepții și programe europene în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale (<i>Ioan Clinciu</i>)	43
2.1. Introducere	43
2.2. Evoluția preocupărilor, de la orientarea tradițională la orientarea ambientală	46
2.3. De la concepția clasică a corectării torenților la concepția modernă a amenajării bazinelor hidrografice torențiale	57
2.4. Un nou concept la început de mileniu: conceptul „amenajării integrate participative”	63
2.5. Managementul folosințelor – mijloc de protecție a terenului, concept de bază în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale	69
2.6. Protecția și conservarea pădurilor montane – strategie de bază în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale	71
2.7. Controlul hazardelor naturale, parte componentă a amenajării integrate a bazinelor hidrografice torențiale	81
2.8. Solidaritatea teritorială și parteneriatul amonte-aval (și aval-amonte), o necesitate tot mai conștientizată	86
2.9. Directiva-cadru asupra apei, alte proiecte ale Comisiei Europene, vectori ai amplificării programelor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale	88
2.10. Aspecte încă neglijate în cercetarea bazinelor hidrografice torențiale din Europa	91
2.11. Învățămintele, recomandări, provocări și perspective	93
2.12. Concluzii sintetice	98
3. Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, acțiune importantă de protecție a mediului (<i>Radu Gaspar</i>)	115
3.1. Procese torențiale și procese erozionale	115
3.2. Scurt istoric al activității de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale din România	117
3.3. Concepția actuală de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale ...	120
3.4. Realizări	124
3.5. Deficiențe și neîmpliniri	131
3.6. Măsuri necesare	132

4. Efectele culturilor forestiere instalate pe terenuri erodate și alunecătoare, în raport cu evoluția acestora în timp (<i>Emil Untaru, Cristinel Constandache, Constantin Roșu</i>)	137
4.1. Considerații generale	137
4.2. Evoluția arboretelor de pe terenuri degradate în raport cu condițiile staționale	138
4.3. Eficiența funcțională a lucrărilor de împădurire cu privire la stăvilirea degradării terenurilor și regularizarea regimului scurgerilor de suprafață și de adâncime	153
4.4. Ameliorarea condițiilor staționale sub efectul culturilor forestiere de protecție	156
4.5. Concluzii	164
5. Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic al României (<i>Andrei Adorjani, Șerban Davidescu, Corina Gancz</i>)	169
5.1. Introducere	169
5.2. Structura și mărimea fondului forestier. Eficiența acestuia din punct de vedere hidrologic și antierozional	170
5.3. Estimarea suprafețelor afectate de procese de degradare, la baza acțiunilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale și de ameliorare a terenurilor degradate	177
5.4. Caracterizarea rețelei hidrografice din fondul forestier. Formațiuni torențiale amenajate și neamenajate	180
5.5. Realizări obținute în acțiunea de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Perspective	182
6. Argumentarea prin indicatori a necesității amenajării unui bazin torențial (<i>Lucia Nedelcu, Mircea Tuas</i>)	193
6.1. Introducere	193
6.2. Obiectivele studiului. Materiale și metode	194
6.3. Rezultate	194
6.4. Concluzii și recomandări	195
7. Eroziunea în adâncime în bazinele hidrografice torențiale mici, cu folosințe predominant agricole, și impactul acesteia asupra mediului (<i>Sevastel Mircea</i>)	199
7.1. Introducere în problematica eroziunii solului	199
7.2. Unele aspecte privind răspândirea eroziunii în adâncime în lume și în România și consecințele acesteia asupra mediului	201
7.3. Preocupări actuale în modelarea matematică a evoluției formațiunilor eroziunii în adâncime și a eroziunii totale	206
7.4. Indicatori privind gradul de afectare a terenului și a rețelei hidrografice prin eroziunea în adâncime	210
7.5. Unele concluzii privind reabilitarea lucrărilor antierozionale	212
8. Modelarea și simularea proceselor hidrologice și erozionale în bazine hidrografice împădurite la începutul secolului XXI (<i>Victor Dan Păcurar</i>)	215
8.1. Considerații generale și precizări conceptuale	215

8.2. Clasificarea modelelor folosite în studiul scurgerii și eroziunii	219
8.3. Un exemplu recent de adaptare și aplicare a modelului ANSWERS într-un bazin hidrografic montan din România	224
9. Rolul diferit pe care-l are pădurea în cazul diverselor faze de regim ale scurgerii apei (<i>Pompiliu Miță, Simona Mătreacă</i>)	239
9.1. Momente în evoluția cercetării rolului hidrologic al pădurii în cadrul Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor.....	239
9.2. Organizarea activității hidrometeorologice pentru studiul rolului hidrologic al pădurii	240
9.3. Rezultate. Metode folosite pentru realizarea acestora	241
9.4. Concluzii	263
10. Metodologie simplificată pentru identificarea bazinelor generatoare de viituri rapide (<i>Radu Drobot, Viorel Chendeș</i>)	265
10.1. Introducere	265
10.2. Trierea preliminară a bazinelor susceptibile de a genera viituri rapide	270
10.3. Diagnoza prin metode simplificate	275
10.4. Cuantificarea caracterului torențial	280
10.5. Considerații finale	282
11. Cercetări privind delimitarea bazinelor hidrografice prin intermediul facilităților oferite de sistemele de informații geografice (GIS) (<i>Ștefan Tamaș, Ioan Clinciu, Dragoș Coman</i>)	285
11.1. Introducere	285
11.2. Aspecte metodologice	286
11.3. Studiu de caz	291
11.4. Concluzii	297
12. Monitorizarea prin tehnici GIS a degradării erozionale în bazine hidrografice mici cu folosințe predominant agricole. Studiu de caz (<i>Gabriela Bialî, Nicolae Popovici</i>)	299
12.1. Importanța temei abordate	299
12.2. Localizarea cercetărilor și metoda de lucru	300
12.3. Structura proiectului GIS	301
12.4. Concluzii	306
13. Perspective în studiul statistic al parametrilor bazinelor hidrografice torentiale, bazate pe facilitățile oferite de sistemele de informații geografice (<i>Ion Cătălin Petrișan, Ioan Clinciu</i>)	309
13.1. Limitele abordărilor de tip clasic	309
13.2. Facilități statistico-matematice ale sistemelor de informații geografice .	309
13.3. Variabilitatea spațială a parametrului altitudine, abordată pe baza facilităților statistico-matematice ale sistemelor de informații geografice	311
13.4. Concluzii privind studiul statistic al parametrilor morfometrici și morfohidrologici, bazat pe facilitățile sistemelor de informații geografice	323

14. Dinamica albiilor bazinelor hidrografice mici, predominant forestiere, în lumina conceptului de restaurare a râurilor (<i>Costinel Cristescu, Ioan Clinciu</i>)	327
14.1. Sistemul geomorfologic fluvial. Concepte	327
14.2. Restaurare, reabilitare, recuperare	337
14.3. Rolul vegetației în ajustarea albiilor montane	340
15. Cu privire la gestionarea durabilă a pădurilor din bazinele hidrografice torențiale (<i>Victor Giurgiu</i>)	353
15.1. Considerații referitoare la starea actuală a bazinelor hidrografice torențiale	353
15.2. Bazinele hidrografice torențiale și clasificarea funcțională a arboretelor	356
15.3. Considerații referitoare la optimizarea procentului de împădurire pe bazine hidrografice	358
15.4. Cu privire la bazele științifice ale gestionării durabile a pădurilor cu funcții hidrologice și de protecție a solului	360
15.5. Recomandări generale referitoare la gestionarea durabilă a pădurilor din bazinele hidrografice torențiale	366

CONTENTS

Cuvânt înainte (<i>Victor Giurgiu, Ioan Clinciu</i>)	13
Foreword (<i>Victor Giurgiu, Ioan Clinciu</i>)	15
1. Stelian Munteanu, the founder of the Romanian School for Torrential Watersheds Management (<i>Victor Giurgiu</i>)	17
2. The scientific visions and anticipations of professor Stelian Munteanu, in the context of the new european conceptions and programmes in the torrential watersheds management (<i>Ioan Clinciu</i>)	43
3. Torrential watersheds management, an important action for the environmental protection (<i>Radu Gaspar</i>)	115
4. The effects of forest plantations installed on eroded and sliding lands, related to their evolution in the time (<i>Emil Untaru, Cristinel Constandache, Constantin Roșu</i>)	137
5. Erosion control and torrential watersheds management in forest areas (<i>Andrei Adorjani, Șerban Davidescu, Corina Gancz</i>)	169
6. Supporting through indicators the necessity of interventions in the torrential watersheds (<i>Lucia Nedelcu, Mircea Tuas</i>)	193
7. Gully erosion on small agricultural torrential watersheds and its impact on environment (<i>Sevastel Mircea</i>)	199
8. Modelling and Simulation of Hydrological and Erosion Processes in Forest Watersheds at the Beginning of XXI Century (<i>Victor Dan Păcurar</i>)	215
9. The different role of the forest in the case of the various phases of the runoff regime (<i>Pompiliu Miță, Simona Mătreacă</i>)	239
10. Simplified methodology for identifying small basins able to generate flash floods (<i>Radu Drobot, Viorel Chendeș</i>)	265
11. Researches concerning torrential watersheds delineation by means of geographic information systems (GIS) facilities (<i>Ștefan Tamaș, Ioan Clinciu, Dragoș Coman</i>).....	285
12. Monitorization of erosion and land degradation using GIS techniques. Case study (<i>Gabriela Biali, Nicolae Popovici</i>)	299
13. Perspectives in the statistical study of torrential hydrographic watershed parameters, based on facilities provided by geographical information systems (<i>Ion-Cătălin Petrișan, Ioan Clinciu</i>)	309
14. Dynamics of channels in small, predominantly forested watersheds in the light of stream restauration concepts (<i>Costinel Cristescu, Ioan Clinciu</i>)	327
15. Regarding the sustainable management of forests from the torrential watersheds (<i>Victor Giurgiu</i>)	353

CUVÂNT ÎNAINTE

În condițiile amplificării și intensificării consecințelor induse de modificările globale ale mediului și în contextul agravării dezechilibrelor hidrologice și geomorfologice din ținuturile de munte și deal ale țării noastre, manifestate prin grave inundații și alunecări de teren – cum au fost cele din anii 2000, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007 și 2008, soldate cu pierderi de vieți omenești și imense pagube materiale – crește rolul și importanța amenajării integrate a bazinelor hidrografice torențiale.

Din păcate, în ciuda stărilor grave menționate mai sus, cercetările științifice și activitatea practică din acest domeniu se află într-un regretabil și progresiv declin, care nestăvilit, va afecta profund liniștea, bunăstarea și sănătatea populației din țara noastră.

Iată de ce Secția de științe agricole și silvice a Academiei Române și Secția de silvicultură a Academiei de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești” s-au adresat la specialiști din domeniul dat pentru a participa la elaborarea prezentei lucrări: „Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Noi concepții și fundamente științifice”. Pe lângă membri de specialitate ai celor două academii, au răspuns la această solicitare profesori universitari, cercetători din Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București, Universitatea Tehnică de Construcții București, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași, Asociația Română de Științe Hidrologice, Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, Institutul de Cercetări și Amenajări Silviculturale și din alte instituții de cercetare și de învățământ superior. Mulțumim, de aceea, tuturor celor care au contribuit, cu profesionalism și dăruire, la elaborarea prezentei lucrări.

Prin această carte s-a căutat și, credem, în mare parte s-a reușit atingerea următoarelor două ținte:

- evaluarea stărilor actuale în domeniul dat;
- prezentarea de noi concepții, moderne, conturate în ultimul timp în țară și străinătate, puse de acord cu principiile fundamentale ale dezvoltării durabile, precum și a unor noi fundamente științifice – concepute de autori – pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale.

Totodată, prezenta carte este dedicată împlinirii a 90 de ani de la nașterea ilustrului silvicultor român, regretatului profesor Stelian Munteanu (1918–1990), fondatorul școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. De aceea, în prima parte a lucrării se prezintă informații utile, unele inedite, din viața și opera acestui om de știință.

În continuare, lucrarea este structurată pe 14 capitole, referitoare la probleme prioritare, de actualitate și de mare interes pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane în prezent și în perspectivă.

Spre deosebire de publicațiile anterioare de profil, în lucrarea de față se acordă o atenție prioritară concepțiilor și metodelor bazate pe precauție și prevenție, respectiv de la tratarea simptomelor degradării bazinelor hidrografice se trece la identificarea și tratarea cauzelor care provoacă deteriorarea acestor bazine. În acest context se acordă o importanță sporită conservării, extinderii și gestionării durabile a pădurilor. Sunt luate în considerare și alte concepții noi formulate de Grupul de Lucru pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane al Organizației Națiunilor Unite pentru Agricultură și Alimentație (FAO).

Nutrim speranța că bogăția de informații cuprinsă în această carte va fi utilă factorilor politici, precum și celor de decizie din economia forestieră, din agricultură și gospodărirea apelor, cercetătorilor și specialiștilor din silvicultură, personalului didactic din universitățile de profil, dar și doctoranzilor și studenților din domeniul dat.

Este în afara oricărei îndoieli adevărul potrivit căruia apariția prezentei lucrări va marca trecerea amenajării bazinelor hidrografice torențiale la o nouă etapă de dezvoltare.

În final, exprimăm sentimente de grațitudine distinșilor acad. Cristian Hera și profesorului Gheorghe Sin – membru corespondent al Academiei Române, pentru amabilitatea de a fi acceptat să refere asupra lucrărilor cuprinse în acest volum. Totodată, coordonatorii lucrării datorează recunoștință sponsorilor, fără aportul cărora apariția lucrării de față nu ar fi fost posibilă. Adresăm, de asemenea, alese mulțumiri conducerii Editurii Academiei Române pentru susținerea, încă din anul 1997, a științelor silvice prin seria Silvologie, în cadrul căreia cartea de față constituie cea de-a opta apariție.

Victor GIURGIU,
Membru corespondent al Academiei Române
Ioan CLINCIU,
Membru corespondent al Academiei de
Științe Agricole și Silvice „Gheorghe Ionescu-Șișești”

FOREWORD

The role and importance of the integrated arrangements of torrential watersheds management increases in the conditions of the amplification and intensification of the consequences induced by the global environmental changes in the context of geomorphological and hydrological imbalance deterioration in the hilly and mountain regions of our country, manifested by high floods and landslides – as those ones in 2000, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, resulted in human lives loss and huge material damages.

Unfortunately, in spite of the serious situations mentioned above, the scientific research and practical activity in this field are in a regrettable and gradual decline which will deeply affect our population's welfare, peace and health.

This is the reason why the Section of Agricultural and Forestry Sciences of the Romanian Academy and the Section of Silviculture in the Academy of Agricultural and Forestry Sciences „Gheorghe Ionescu-Sisestî” appealed to the specialists in the field to participate in the elaboration of the present work entitled: „Torrential watersheds management. New concepts and scientific backgrounds”.

Besides the specialists of these two academies – the professors and researchers from the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine Bucharest, Technical University of Constructions Bucharest, Technical University “Gh. Asachi” Iaşi, Romanian Association for Hydrological Sciences, National Institute of Hydrology and Water Management, Forest Research and Management Institute and other research and high education institutes answered at this requirement.

We thank to all those specialists who contributed with dedication and highly professional to the elaboration of the present book.

We think that we mostly reached the following three goals:

- estimation of the present day situation in the respective field;*
- presentation of new modern conceptions which have recently shaped in our country and abroad in accordance with the fundamental principles of the sustainable development as well as the authors' new scientific fundamentation – for the torrential watersheds management.*

At the same time, the present book is dedicated to the 90 years anniversary since the birth of the regretted illustrious Romanian silviculturist, Professor Stelian Munteanu (1918–1990) the founder of the Romanian School for Torrential Watersheds Management. This is the reason why in the first half of the book, some useful, unpublished information from this scientist's life and work is presented.

The structure of the work consists of 14 chapters with reference to the priority present day problems of great interest for the mountain torrential watersheds management at present and in future.

Unlike the previous publications in the field, the present book pays special attention to the conceptions and methods based on precaution and prevention, namely from the estimation of watersheds degradation passing to the identification and solutions for the causes which produce these watersheds deterioration.

A special attention is paid to the conservation, extension and sustainable management of forests.

There are also considered other new conceptions formulated by the work group for mountain watersheds arrangement of the organization of United Nations and FAO.

We deeply hope that the abundance of information in this book will be useful to the decisional factors in the forestry economy, agriculture and waters management, to the researchers and specialists working the silvicultural field, the professors and universities of profile, as well as to Ph.D. candidates and students in the field.

Undoubtedly, the publication of the present book will represent the transition of the torrential watersheds management to a new stage of development.

In the end, we express our gratitude to the distinguished Acad. Cristian Hera and Professor Gheorghe Sin – corresponding member of the Romanian Academy for having accepted to make considerations regarding the works included in this volume.

At the same time, the coordinators of this work are grateful to the sponsors who gave the possibility to publish this book.

We also thank very much to the board of the Romanian Academy Printing House for supporting us since 1997 for forestry science by the series Silvology where the present book represents the 8th issue.

Victor Giurgiu,
Corresponding member of the Romanian Academy
Ioan Clinciu
Corresponding member of the Academy of
Agricultural and Forestry Sciences

1. STELIAN MUNTEANU, FONDATORUL ȘCOLII ROMÂNEȘTI DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

VICTOR GIURGIU¹

1.1. DATE BIOGRAFICE²

Atât ca realizator al unor prestigioase valori științifice perene în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale, cât și ca om de înaltă distincție intelectuală, Stelian Munteanu³ s-a înscris cu litere de aur în memoria posterității. În consecință, la fel ca și despre celelalte personalități marcante ale silvologiei românești – Marin Drăcea, Constantin Chiriță, Ion Popescu-Zeletin, Grigore Eliescu ș.a. –, este nefiresc a vorbi astăzi despre Stelian Munteanu la trecut, în timp ce el este în permanență prezent în esența preocupărilor științifice din domeniul său de preocupări.

A venit pe lume la 6 august 1918 – anul întregirii noastre naționale – în comuna Sânpetru, localitate plină de legendă, fiind cel de-al optulea fiu al lui Andrei Munteanu și al Mariei Munteanu (născută Rucăreanu).

După primele patru clase urmate la școala din comuna natală, s-a înscris în 1929 și a absolvit în 1937 renumitul Liceu „Andrei Șaguna” (astăzi Colegiul Național „Andrei Șaguna”) din Brașov, fapt dovedit de placa de marmură pe care sunt înscrise personalitățile marcante, devenite membri ai Academiei Române, care au urmat în tinerețe cursurile acestei prestigioase unități de învățământ.

În perioada anilor 1938–1942 a urmat studiile universitare la fosta Secție silvică a Școlii Politehnice din București (devenită ulterior Institutul Politehnic, apoi Universitatea Politehnică). Între anii 1943 și 1945 a urmat și unele cursuri la Facultatea de construcții hidrotehnice.

În calitate de inginer silvic, în perioada anilor 1942–1949 a funcționat la fostul Minister al Agriculturii și Domeniilor și la fostul Minister al Silviculturii (înființat în 1948), ca specialist pentru probleme ale corectării torenților, având și funcția de șef al serviciului de specialitate (din anul 1947). Concomitent, în anul 1948, a condus și șantierul de corectare a torenților din Valea lui Bogdan.

De la reforma învățământului din toamna anului 1948, înfăptuită de regimul comunist, și până în anul 1981, Stelian Munteanu a funcționat fără

¹ Profesor, doctor docent, membru corespondent al Academiei Române.

² Alte informații utile sunt consemnate în literatura de specialitate: Revista pădurilor (nr. 2 / 1989); Florescu, Clinciu, Lazăr (1990); Alexa (1996); Clinciu, Lazăr, Alexa (1998); Bud (2004).

³ În unele lucrări biografice, inclusiv în dicționarele Academiei Române, este consemnat prenumele de *Sterian*, în locul celui de *Stelian*.



întrerupere ca profesor universitar neatestat (1948–1955), apoi profesor universitar atestat (începând cu anul 1955) în învățământul superior silvic din Brașov (sub diferitele lui denumiri și forme de organizare). În paralel a activat și ca profesor la Institutul de Silvicultură din Câmpulung-Moldovenesc (1950–1951) și la Institutul de Perdele și Ameliorații Silvice din București (1953).

A fost titularul mai multor discipline apropiate ca profil: drumuri și căi ferate forestiere (1948–1949); corectarea torenților și construcții civile și forestiere (1949–1952); corectarea torenților (1952–1981). În perioada 1950–1957 a fost șeful catedrei de corectare a torenților. O scurtă perioadă a îndeplinit și funcția de decan al Facultății de ameliorații silvice din Institutul Forestier.

În perioada menționată mai sus, *Stelian Munteanu a creat și desăvârșit modelul de profesor universitar pentru învățământul superior silvic*, model demn de urmat în actuala perioadă dominată de superficialitate la multe din noile „facultăți” de silvicultură înființate în ultimii 19 ani, unde sunt admise la catedră persoane necalificate pentru această activitate.

Deși nu avea calitatea de doctor în științe, în anul 1965 a fost numit conducător științific de doctorat. Dar, șase ani mai târziu el însuși și-a susținut excelenta teză de doctorat: „Contribuții la optimizarea profilului barajelor de greutate folosite la corectarea torenților din România” (sub conducerea științifică a prof. Emil G. Negulescu). După opinia distinsului său discipol, prof. Ioan Clinciu (1998), teza de doctorat a profesorului Stelian Munteanu „a reprezentat, la vremea respectivă, un adevărat model al genului”, fiind o „remarcabilă împlinire a școlii românești de corectare a torenților și încă un argument important pentru ascensiunea europeană și mondială a școlii respective”.

Nu putem lăsa nemenționat faptul că profesorul Stelian Munteanu, cu exigența sa proverbială, a format 8 doctori în știință (I. Ciortuz, V. Băloiu, P. Abagiu, R. Gaspar, Al. Comănescu, I. Clinciu, N. Lazăr, B. Alexa), majoritatea lor devenind exponenți activi de mare performanță ai școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale.

Stelian Munteanu avea înfățișarea unui bărbat atrăgător, impunător, frumos, de înălțime mare, cu un corp athletic, având trăsături de intelectual înzestrat, dotat cu o voce clară și pătrunzătoare. Avea darul de a se face plăcut tuturor celor cu care intra în contact, indiferent de starea sa interioară. În relațiile cu studenții și colaboratorii săi era intransigent, sever și niciodată duplicitar.

Nu se lăsa stăpânit de tentația de a deveni binevoitor cu cei care nu au meritat. Era ferm și neînduplecat în aprecierea adevăratelor valori umane, dar deosebit de generos cu cei meritorii, fiind om de mare omenie, în sensul nobil al cuvântului. Toți cei care l-au cunoscut au apreciat faptul că era o fire cu un mare caracter, dârz, hotărât și, totodată, dotat cu un optimism sănătos și măsurat.

Ca profesor, avea darul de a se prezenta în fața studenților într-o ținută impecabilă, în același timp ca pedagog și om de știință. Știa să trezească în rândurile auditorului o stare prielnică procesului de asimilare a cunoștințelor predate. Până și cele mai dificile prelegeri, cum sunt cele de hidraulică

forestieră, erau prezentate într-o formă atrăgătoare, cu înălțuiri logice, așa cum numai adevărații pedagogi sunt în măsură să se facă înțeleși.

Din amintirile foștilor săi studenți (Clinciu, Lazăr, Alexa, 1998), aflăm că prelegerile susținute de profesorul Stelian Munteanu „erau de o claritate rareori întâlnită și de o acuratețe remarcabilă. Ele îi trădau calitățile native extraordinare, vocația vădită pentru cariera universitară. Străbătute de la un capăt la altul de cea mai pură sobrietate științifică, aceste prelegeri se constituiau într-un adevărat «model» al genului; ele se impuneau nu numai prin rigoarea științifică ireproșabilă, ci și prin valoarea lor creativă, formativă și educativă”.

Pe plan internațional, recunoașterea și consacrarea sa profesional-științifică au avut ca momente memorabile anii 1967 și 1970, când a fost ales vicepreședinte și, apoi, președinte al „Grupului de lucru FAO⁴ pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane”, cu precizarea că în funcția de președinte executiv a fost ales succesiv de trei ori în: 1972, 1974 și 1978. Ulterior, la finele ultimului său mandat, în 1982, a fost ales președinte de onoare al acestui cunoscut organism internațional, ceea ce dovedește recunoașterea prestigiului de care s-a bucurat.

Referitor la activitatea sa internațională în cadrul FAO, M.A. Flores Rodas – directorul general adjunct, șeful Departamentului Pădurilor al acestei prestigioase organizații, a ținut să afirme adevărul potrivit căruia „Datorită marelui interes, capacității și eforturilor profesorului Stelian Munteanu, Grupul de lucru a înregistrat excelente progrese și a adus o contribuție importantă la activitățile noastre în domeniul amenajării bazinelor hidrografice montane. Pentru aceasta, Departamentul Pădurilor îi este recunoscător”.

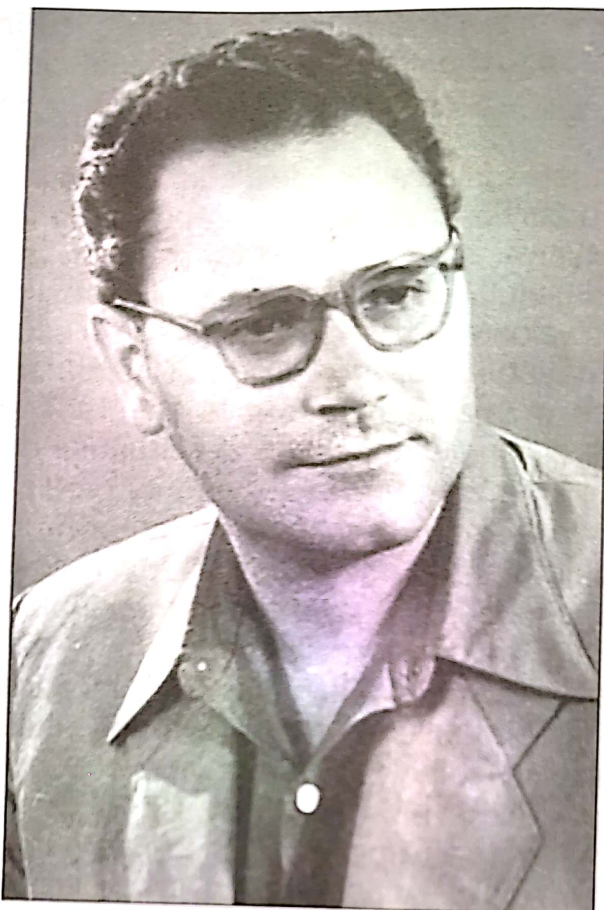
În țară, pentru îndelungata și valoroasa activitate științifică și didactică depusă pe plan intern și internațional, în anul 1974 a fost ales:

- membru corespondent al Academiei R.S. România, devenind astfel coleg de academie cu iluștrii silvicultori Constantin Chiriță și Grigore Eliescu;
- membru titular al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură, la Secția de silvicultură. Aici, împreună cu iluștrul prof. I. Popescu-Zeletin, a contribuit la formarea unui mediu academic de înaltă valoare.

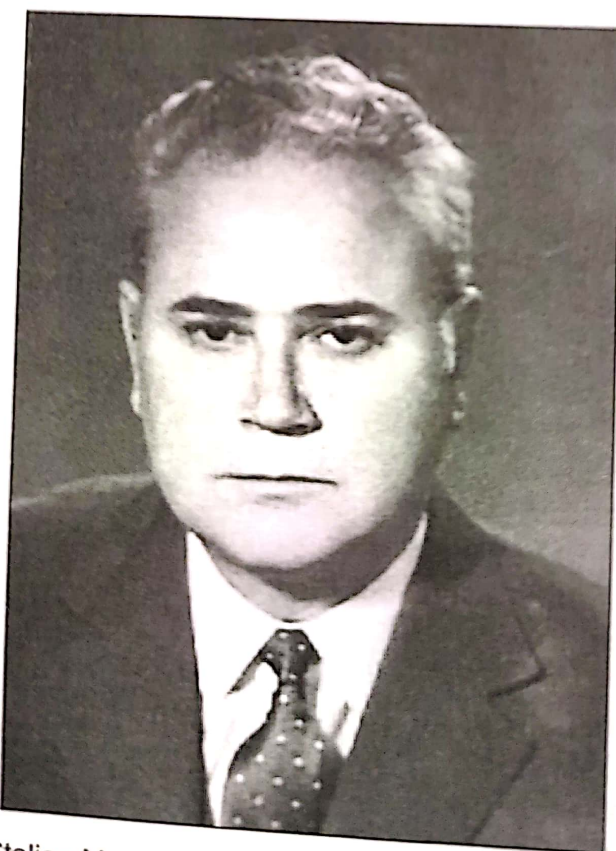
Concomitent, profesorul Stelian Munteanu a participat activ în organele de conducere colectivă ale multor instituții centrale de specialitate sau ca membru în colectivele pentru elaborarea unor documentații tehnice referitoare la amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. De asemenea, a fost un devotat autor și membru în Colegiul de redacție al „Revistei pădurilor”, contribuind la creșterea prestigiului pe plan intern și internațional al acestei seculare publicații forestiere.

Reușita de excepție a profesorului Stelian Munteanu se explică și prin faptul că orice concepție, metodă, procedeu sau inovație a sa nu a rămas doar în pagini de reviste, cursuri, tratate și monografii, ci *prin propriile sale stăruințe*, i s-a dat viață, a fost transpusă în practică, antrenând și stimulând în acest scop instituții de specialitate, specialiști din domeniu, colaboratori, doctoranzi și chiar studenți.

⁴ Organizația Națiunilor Unite pentru Agricultură și Alimentație.



a

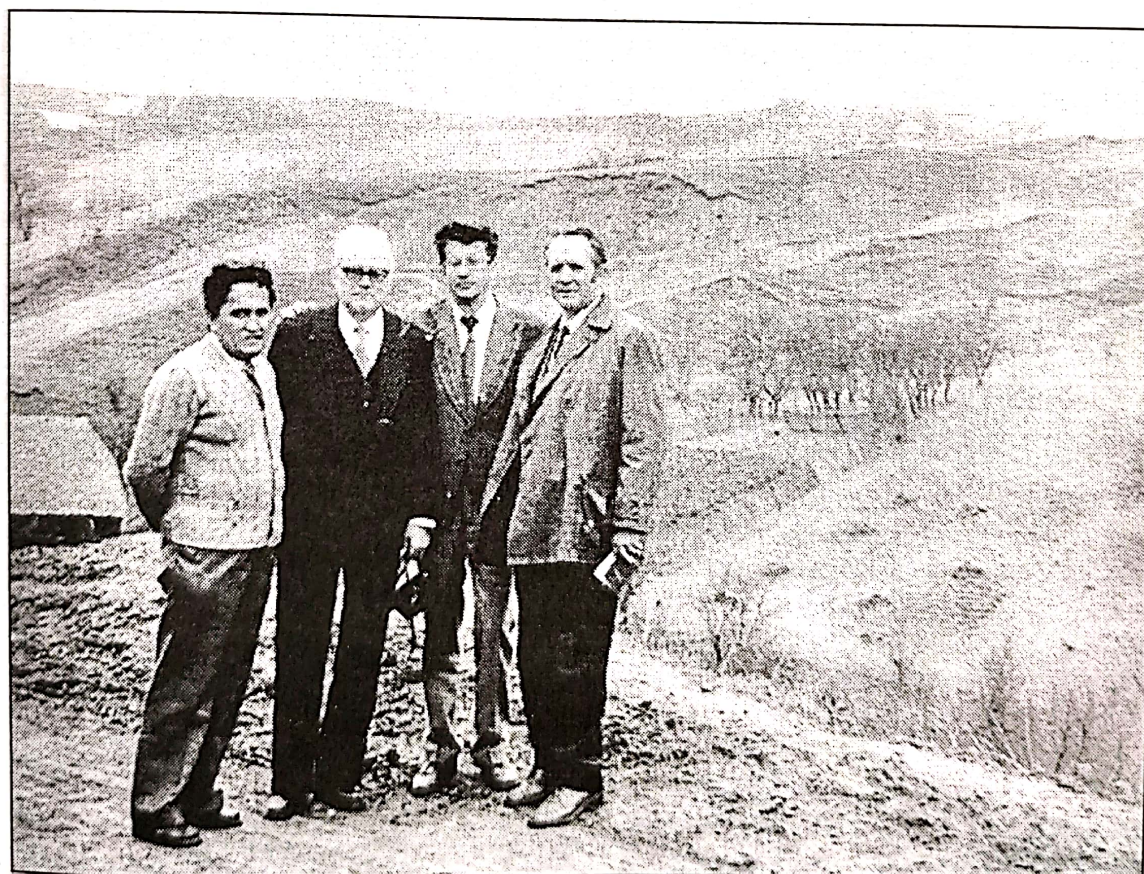


b

Foto 1.1. Stelian Munteanu în anul 1948, când debuta în cariera universitară, la vârsta de 30 de ani (a) și 20 de ani mai târziu (b).



a



b

Foto 1.2. Profesorul Stelian Munteanu acordând asistență tehnico-științifică pe teren: a. în anul 1977, în bazinul hidrografic Agârbiciu, județul Cluj; al doilea din dreapta (foto: Alexa, 1977); b. în anul 1978, la Râpa Ruginoasă, județul Bihor; al doilea din stânga (foto: Lazăr, 1978).

În anul 1981, odată cu numirea soției sale, Larisa Munteanu, ambasador al R.S. România în Portugalia, profesorul Stelian Munteanu și-a încetat activitatea în învățământul superior silvic, părăsind țara. A revenit în București de-abia în anul 1987. La Lisabona a fost solicitat de oficialitățile universitare portugheze să susțină unele cursuri și prelegeri în domeniul hidrografiei forestiere. Totodată, aici, în Portugalia, a izbutit să finalizeze multe lucrări inițiate anterior în România, dar și să proiecteze monumentală monografie „Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice”, finalizată ulterior în țară. Tot de la Lisabona a continuat să îndrume activitatea unor doctoranzi, *„pe care nu numai că nu i-a abandonat, ci, din contră, i-a încurajat și i-a sprijinit în permanență, în ciuda distanței apreciabile la care se afla”* (Clinciu et al., 1998).

Un aspect relevant pentru personalitatea profesorului Stelian Munteanu este cel privitor la organizarea și participarea sa la sesiuni și simpozioane științifice din domeniul silviculturii. Prezența sa la asemenea manifestări a constituit întotdeauna un autentic profit profesional și uman pentru participanți. Dar, deosebit de instructive au fost dezbaterile în grupuri restrânse organizate pe teren împreună cu doctoranzii și colaboratorii săi.

Un merit, deloc minor, care trebuie apreciat ca o faptă de aleasă prețuire, îl reprezintă numeroasele și valoroasele instrucțiuni și recomandări practice, științific fundamentate, oferite cu generozitate atât instituțiilor de proiectări forestiere și agricole, cât și autorităților ministeriale de profil, majoritatea având ca obiect amenajarea torenților.

Remarcabil om de știință și pedagog dotat, organizator și conducător, profesorul Stelian Munteanu s-a impus și printr-o cultură generală temeinică, îmbogățindu-l cultural pe oricare interlocutor și lăsându-i o impresie puternică, de neuitat, prin prestanță și dicțiune, dar și prin cursivitate, logică și claritatea expunerilor.

Ne face plăcere să evocăm personalitatea și activitatea sa didactică și științifică făcând apel la amintirile de suflet ale unui fost student și admirator al său, regretatul prof. Victor Stănescu (1929–1999):

„Veșnicia există, de fapt, în memoria celor care sunt în viață. Pentru studenții primei serii a Facultății de Silvicultură, figura tânărului profesor Stelian Munteanu din anii '50, dobândise de la început simbolul unei autentice personalități. Cu trecerea timpului a realizat mai mult decât atât. S-a identificat cu domeniul corectării torenților, a creat în silvicultura amenajării bazinelor hidrografice torențiale o adevărată școală care îi poartă cu strălucire numele, a deschis drumuri noi în știința sa și a pășit în legendă”.

Și-a încheiat, prematur, trecerea prin viață, la 7 aprilie 1990. A rămas în memoria urmașilor opera sa durabilă, personalitatea sa puternică și inegalabilă, modul său de a gândi și crea valori trainice. Este înmormântat în Panteonul rezervat membrilor Academiei Române din Cimitirul Belu din București, alături de ceilalți mari silvicultori academicieni: C.C. Georgescu, I. Popescu-Zeletin, C. Chiriță și G. Eliescu.

Faima profesorului și a omului de știință Stelian Munteanu nu s-a diminuat odată cu trecerea sa în neființă. Ea a rămas și chiar s-a amplificat în ultimii 18 ani, dăinuind în sufletele și creația științifică a devotaților săi discipoli.

La numai doi ani de la trecerea sa în neființă, Academia Română i-a acordat Premiul „Marin Drăcea” pentru inedita monografie „Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice” (vol. I). Mai mult decât atât, tot Academia Română, în colaborare cu Academia de Științe Agricole și Silvici, în memoria sa, a organizat două simpozioane pe probleme ale amenajării bazinelor hidrografice torențiale, primul în octombrie 1998 (Clinciu, 1998), al doilea în septembrie 2008. În finalul primului simpozion a fost lansată cartea „Stelian Munteanu, un mare profesor și silvicultor român, creatorul școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale” (Clinciu, Lazăr, Alexa, 1998), iar lucrarea de față încorporează comunicările științifice prezentate la ultimul simpozion.

Fie ca destinul să lase timpul și speranța neștirbită urmașilor săi pentru a-i dedica alte și alte manifestări științifice, în semn de profundă recunoștință pentru tot ce a creat în silvologia românească și europeană.

În încheierea acestei scurte biografii, putem afirma, cu toată convingerea și admirația cuvenită, că profesorul Stelian Munteanu trebuie situat în galeria silvicultorilor români de rară împlinire spirituală, a celor care au constituit exemple edificatoare pentru generațiile prezente și viitoare de oameni de știință și profesori universitari silvici.

1.2. CONSIDERAȚII ASUPRA OPEREI ȘTIINȚIFICE A PROFESORULUI STELIAN MUNTEANU

Opera scrisă a profesorului Stelian Munteanu este cuprinsă în cele 105 lucrări publicate, la care se adaugă alte 70 de lucrări valoroase rămase în manuscris, toate însumând peste 10 000 pagini. Dintre lucrările publicate, unele în limbi de circulație internațională, 88 au fost elaborate ca unic sau ca prim autor (Clinciu *et al.*, 1998).

1.2.1. CONSIDERAȚII ASUPRA CONTRIBUȚIEI ÎN DOMENIUL AMENAJĂRII TORENȚILOR

O primă contribuție esențială a profesorului Stelian Munteanu constă în reșezarea disciplinei *Corectarea torenților* – bazată până la mijlocul secolului al XX-lea în mare parte pe cunoștințe empirice – pe temeinice baze științifice, apelând în premieră la cunoștințe oferite de *hidraulică*⁵, dar și de geomorfologie, geologie, climatologie, pedologie, geografie, ecologie ș.a. Pe aceste baze teoretice a redefinit și încorporat domeniul „corectării torenților” în

⁵ În acest scop Stelian Munteanu, în anul 1962, cu sprijinul acad. Dumitru Dumitrescu, a efectuat la Institutul de Mecanica Fluidelor al Academiei Române, pentru prima dată în România, cercetări speciale de hidraulică a torenților (Munteanu *et al.*, 1991).



ceea ce a denumit: *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale* (montane). Evoluția acestei concepții poate fi urmărită în lucrările sale: *Corectarea torenților* (1953); *Corectarea torenților – Hidraulica* (1968); *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale – Noțiuni de hidraulică*, vol. I (1981).

În aceeași perioadă (1953–1981) profesorul Stelian Munteanu a contribuit substanțial la introducerea și clarificarea unor concepte și noțiuni, inclusiv la explicarea genezei și dezvoltării proceselor torențiale.

De exemplu, a sesizat deosebirea fundamentală dintre torent și eroziune, precizând că: „În timp ce procesul torențial (viitura) reprezintă un proces tipic hidrologic, care caracterizează comportarea față de scurgere a unui curs de apă luat în ansamblul său, adică între limitele bazinului de recepție, fenomenul de eroziune caracterizează comportarea solului sau a rocii față de scurgerea apei”. A subliniat că „nu trebuie să se confunde torentul cu un simplu teren degradat”. În legătură cu această problemă menționăm aportul profesorului Stelian Munteanu la clarificarea raportului dintre fenomenul de torențialitate și cel de eroziune, precizând totodată că:

– ameliorarea terenurilor degradate se realizează în scopul principal de refacere și majorare a fertilității terenurilor;

– corectarea torenților urmărește, în principal, regularizarea regimului hidrologic în bazinele torențiale și apărarea obiectivelor periclitate de viituri.

Amintim, de asemenea, că prin noțiunea generală de bazine hidrografice torențiale profesorul Stelian Munteanu a înțeles „acele bazine unde s-a produs un dezechilibru hidrologic avansat, respectiv un dezechilibru între precipitațiile căzute și cantitatea de apă care se scurge, în unitatea de timp, pe versanți și pe rețeaua hidrografică, cu consecințe grave asupra distrugerii stratului de sol și transportului de aluviuni. Dezechilibrul care se produce începe, de fapt, între acțiunea factorilor care produc procesele de denudare și cei care se opun acestei denudări” (Munteanu et al., 1991). În schimb, „amenajarea bazinelor hidrografice torențiale constă din aplicarea unui ansamblu de măsuri organizatorice și lucrări biologice, biotehnice și hidrotehnice în scopul principal al controlului solului și apei, în cuprinsul bazinelor hidrografice mici, torențializate pe diverse căi”. Însă „numai bazinele în cuprinsul cărora apele și solul sunt rațional și permanent controlate – respectiv conservate, dirijate și folosite – au asigurate prernisele fundamentale de a deveni echilibrate din punct de vedere hidrologic”.

Un alt exemplu este oferit de introducerea conceptului de *histerezis hidrologic torențial* (Munteanu, Clinciu, 1980)⁶, prin care s-a creat suportul științific necesar pentru a înțelege de ce rețeaua hidrografică torențializată se reface incomparabil mai greu și într-o perioadă foarte îndelungată, decât versanții bazinului hidrografic. Pe această bază înțelegem de ce „bazine care au fost puternic torențializate prin despăduriri și în care, deși în urma reîmpăduririlor – uneori totale – s-a reușit stingerea principalelor focare de eroziune pe versanții bazinelor, totuși albiile au rămas și astăzi puternic

⁶ A se vedea lista lucrărilor publicate de către profesorul Stelian Munteanu. Alte citări la lucrări ale profesorului Stelian Munteanu se regăsesc în aceeași listă.

erodate și degradate, constituind surse apreciable de aluviuni în timpul viiturilor” (Clinciu et al., 1998). Altfel spus, sunt de preferat acțiunile preventive în locul celor curative, îndreptând atenția în primul rând asupra cauzelor fenomenelor de degradare și nu numai asupra înlăturării consecințelor.

Referindu-ne la lucrările hidrotehnice necesare pentru corectarea torențelor, evidențiem următoarele performanțe înfăptuite de profesorul Stelian Munteanu (Clinciu, Lazăr, Alexa, 1998):

- Contribuții la cristalizarea și dezvoltarea concepțiilor și metodelor de dimensionare a barajelor de greutate mici;
- Contribuții la studiul profilelor trapezoidale și pentagonale cu fruct mărit;
- Contribuții la studiul profilelor triunghiulare optime din punct de vedere economic;
- Contribuții la studiul barajelor „subdimensionate”.

Pe aceste baze științifice profesorul Stelian Munteanu a adus îmbunătățiri substanțiale, revoluționare la proiectarea și execuția lucrărilor hidrotehnice, lucrări integrate în ansamblul amenajării bazinelor hidrografice torențiale din România.

Acum constatăm că lucrările hidrotehnice realizate anterior nu au mai fost întreținute și reparate, astfel încât multe dintre acestea au devenit nefuncționale. Într-adevăr, au avut loc grave procese de degradare, de distrucție a betoanelor, a mortalului și chiar a pietrelor din zidărie, având ca rezultat final avarierea lucrărilor (Clinciu, Gaspar, 2005).

1.2.2. CONCEPȚII MODERNE PROMOVATE DE PROFESORUL STELIAN MUNTEANU PENTRU AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Profesorul Stelian Munteanu, cu insistență și din convingere, a repetat că pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale nu sunt suficiente doar lucrările hidrotehnice, deoarece: *„Fără un studiu multidisciplinar, efectuat cu cel mai mare discernământ și fără o integrare judicioasă a soluțiilor tehnice în realitățile și tendințele economice și sociale – prezente și viitoare – nu se poate vorbi de o amenajare viabilă a bazinelor montane, singura capabilă să ofere populației din aceste bazine un standard de viață competitiv cu cel al zonelor rurale mai favorabile”* (Munteanu, 1976). Acest adevăr a ieșit plinar în evidență după inundațiile catastrofale din anii 1970 și 1975; apoi, în zilele noastre a fost reconfirmat de recente inundații și alunecări de teren, amplificate și de schimbările climatice globale (Giurgiu, 2005).

S-a ajuns astfel la concepția potrivit căreia amenajarea bazinelor hidrografice torențiale trebuie să fie concomitent *integrală și complexă*, ceea ce se poate asigura prin: aplicarea *tuturor* măsurilor și lucrărilor necesare controlului apei și solului în bazin; aplicarea ansamblului de lucrări pe *întreaga* suprafață a bazinului, adică de la cumpăna apelor până la confluența cu pâraul colector (Munteanu, 1976). În această concepție, sub coordonarea directă a profesorului Stelian Munteanu, dar cu concursul unor specialiști de marcă, în anii 1975–1980, au fost elaborate primele

studii de amenajare complexă și integrată a unor bazine hidrografice torențiale (Clinciu, Lazăr, Alexa, 1998).

Altfel spus, „dacă acțiunile noastre asupra componentelor bazinelor hidrografice sunt unilaterale sau nu sunt judicios concepute și aplicate, mecanismul natural al scurgerilor poate fi dereglat în așa măsură încât consecințele negative ale acestui dereglaj pot afecta interesele vitale ale întregii societăți”.

Neluarea în considerare a caracterului complex și integrat al amenajării bazinelor hidrografice torențiale în ultimele trei decenii explică în mare măsură consecințele, uneori catastrofale, ale hazardelor hidrologice și geomorfologice care au avut loc în ultima perioadă în țara noastră. Cu mult mai grav este faptul că amenajarea bazinelor hidrografice torențiale a fost aproape abandonată în ultimii 19 ani!

În perioada 1970–1982, când a funcționat în cadrul organismelor FAO, profesorul Stelian Munteanu și-a lărgit considerabil sfera preocupărilor, abordând și problemele de politică forestieră națională și internațională, respectiv trecând de la probleme strict tehnice până la ample chestiuni de natură economică, ecologică și socială, tratate în concepție *multi* și *interdisciplinară*. În prim planul preocupărilor sale au intrat și problemele de *foresterie a mediului*.

În această concepție (Munteanu, 1975), amenajarea bazinelor hidrografice torențiale trebuie să conducă la⁷:

- asigurarea caracterului integral și complex (integrat) al amenajărilor, la scara întregului bazin;
- reconsiderarea și restructurarea folosințelor din bazin, astfel încât fiecărei porțiuni de teren să i se afecteze folosința cea mai adecvată din punct de vedere economic, hidrologic și antierozional (în majoritatea cazurilor, pe această cale, se ajunge la o creștere a suprafeței păduroase din bazin);
- adaptarea constructivă și funcțională a lucrărilor de pe rețeaua hidrografică torențială din bazin, astfel încât aceste lucrări să poată fi conjugate, la nevoie, și cu alte tipuri de amenajări (salmonicole, microhidrocentrale etc.);
- rezervarea de zone ferite de pericolul viiturilor, inundațiilor sau avalanșelor de zăpadă, în vederea dezvoltării reședințelor secundare și a «industriei» hoteliere pentru turism;
- susținerea financiară a investițiilor nu numai de către stat, ci și de către administrația locală (era vorba, deci, de un aspect psihologic, de educație a populației locale, care, contribuind prin propriile ei eforturi la realizarea investițiilor, învață să le prețuiască și să le întrețină în mod corespunzător).

În toate împrejurările a evidențiat *multifuncționalitatea* acestor activități, punând accentul și pe rolul lor ecologic și social. A anticipat, astfel, cu câteva decenii, conceptul actual de *gestionare durabilă a spațiului rural*, concept adoptat acum la nivelul organismelor centrale ale Uniunii Europene.

⁷ După Clinciu, Lazăr, Alexa, 1998.

Aplicând cu perseverență concepția potrivit căreia amenajarea bazinelor hidrografice trebuie să fie, în același timp, *integrală și complexă*, profesorul Stelian Munteanu a fost totodată partizan convins – prin argumente științifice – al rolului hidrologic și antierozional al pădurilor și totodată promotor al *principiului primordialității lucrărilor biologice și biotehnice asupra celor hidrotehnice*. În consecință, a militat pentru conservarea echilibrului ecologic și redresarea acestuia în bazinele hidrografice, îndeosebi a celor montane și premontane. Într-o formă incipientă, aceste principii le regăsim în „Îndrumările tehnice în silvicultură” din 1949, unde Stelian Munteanu și Alexandru Apostol au introdus așa-numitele „*principii de ameliorare*”. Într-o formă mai evoluată, această concepție este reluată în cursul de specialitate elaborat în anul 1960 și în cel publicat în 1968. Următorul text, extras din ultimul curs, este edificator din acest punct de vedere:

„Vegetația, și în special cea forestieră, constituie mijlocul cel mai eficace de atenuare a viiturilor torențiale și, implicit, de combatere a eroziunii terenurilor. Dar, până la aducerea vegetației în situația de a-și îndeplini în mod eficace rolul hidrologic, obiectivele periclitate de viituri trebuie protejate, țel care se atinge prin intermediul lucrărilor hidrotehnice. Acestea din urmă se folosesc pentru amenajarea atât a versanților bazinului, cât și a albiilor și constituie componente importante în cadrul ansamblului de lucrări de amenajare. Dar, costul lor este, în general, mult mai ridicat decât al lucrărilor de vegetație, și, în plus, eficacitatea lor, din punctul de vedere al corectării unui torent, este relativ redusă, dacă nu sunt conjugate judicios cu cele de vegetație.”

Inundațiile catastrofale din anul 1975 i-au dat prilejul profesorului Munteanu (1975) să-și expună următoarea concepție din punctul de vedere al rolului vegetației, îndeosebi al pădurii, pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, după cum urmează:

„Dintre lucrările principale – biologice, biotehnice și hidrotehnice – folosite în amenajarea bazinelor torențiale, rolul hotărâtor atât în privința refacerii și conservării solului, cât și a regularizării scurgerilor pe versanți, revine lucrărilor biologice, care prezintă proprietatea de a se autoregenera și de a da producții. Lucrările biologice sunt la fel de utile în consolidarea malurilor și, după caz, a albiilor.”

„Lucrările hidrotehnice sunt hotărâtoare, la rândul lor, pentru stabilizarea (fixarea) nivelurilor de bază, pentru retenția aluviunilor, pentru crearea de lacuri de acumulare destinate atenuării viiturilor, pentru asigurarea echilibrului necesar instalării vegetației etc.”

„Orice orientări unilaterale spre folosirea numai a lucrărilor hidrotehnice, cu neglijarea celor biologice, reprezintă un mod neștiințific de a trata problema și neeficient din punct de vedere practic.”

„Principiul fundamental care trebuie urmărit și respectat cu deosebită atenție și consecvență constă în îmbinarea armonioasă a celor trei grupe de lucrări amintite, astfel încât să se obțină efectul maxim cu minimum de cheltuieli.”

„Evident, după caz, accentul poate fi pus asupra unora sau altora din lucrări, în funcție de specificul bazinului și rețelei hidrografice, de obiectivele ce trebuie apărute la viituri, de urgența impusă pentru realizarea amenajărilor etc.”

1.2.3. LOCUL ȘI ROLUL VEGETAȚIEI, ÎN PRINCIPAL AL CELEI FORESTIERE, ÎN AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, după profesorul Stelian Munteanu, este necesar un complex de „măsurii și lucrări (biologice, biotehnice și hidrotehnice) cu rol hidrologic și antierozional, în care pădurea deține un rol principal”.

În ultima sa lucrare (Munteanu et al., 1991), apărută post-mortem, profesorul Stelian Munteanu aduce precizări importante referitoare la raportul dintre lucrările hidrotehnice și cele de refacere a vegetației, după cum urmează:

„Lucrările hidrotehnice se folosesc pentru amenajarea atât a versanților, cât și a albiilor și constituie componente importante în cadrul ansamblului de lucrări de amenajare a torenților. În numeroase cazuri, fără asemenea lucrări nu se poate realiza, în timpul dorit, nici apărarea obiectivelor periclitate de viiturile torențiale și nici instalarea vegetației. Dar, fiind mult mai costisitoare, lucrările hidrotehnice trebuie folosite cu mult discernământ și numai acolo unde apar ca strict necesare, ținând seama de posibilitățile de instalare a vegetației, de efectul hidrologic al acesteia, de natura și importanța obiectivelor periclitate de viituri, de urgența cu care trebuie să se intervină în cuprinsul bazinului etc.”

Pe de altă parte, „pentru regularizarea regimului hidrologic, în cadrul acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, rolul determinant revine lucrărilor de refacere a vegetației, a cărei natură, structură și repartizare spațială se stabilesc în conformitate cu necesitățile amenajării hidrologice. Raportul optim de îmbinare între lucrările de refacere a vegetației și cele hidrotehnice ar putea fi formulat în felul următor: din mai multe variante posibile ale soluției tehnice, cu raporturi diferite de îmbinare a lucrărilor de vegetație cu cele hidrotehnice, dar echivalente din punctul de vedere al eficienței tehnice, raportul optim este dat de soluția cea mai economică”.

Din păcate, frecvent, în practică, aceste principii fundamentale nu au fost luate în considerare, ceea ce a redus considerabil eficacitatea investițiilor acordate lucrărilor pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale.

Totodată, profesorul Stelian Munteanu a promovat gândirea geografică în silvologie, inclusiv pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, precizând că această gândire „a pătruns și își face loc tot mai mult în modul de abordare a problemelor fundamentale ale disciplinelor silvice. Se poate spune că silvicultorii care și-au sprijinit concepțiile lor științifice și pe gândirea geografică, au găsit în aceasta, întotdeauna, poziții de pe care au reușit generalizări fructuoase”. În acest context a fost

preocupat de problema gradului de împădurire a spațiului geografic românesc, atât pe ansamblu, cât și pe fiecare bazin hidrografic, indiferent de mărimea acestuia. A precizat, însă, că: „*Existența unui procent optim de împădurire în fiecare bazin hidrografic constituie, într-adevăr, o cerință justificată, dar insuficientă, deoarece sub raportul protecției solului și, apoi, pe lângă ponderea vegetației forestiere, interesează modul de amplasare a pădurii pe versant și în special structura acesteia, care este determinată, în principal, de modul de gospodărire*”.

Din cele prezentate înțelegem că, pentru gestionarea durabilă a pădurilor în scopuri hidrologice și antierozionale, silvicultorul urmează să acorde prioritate (Giurgiu, 2006, 2008 – cap. 15):

- structurii pluriene și relativ pluriene a arboretelor;
- compoziției optime, respectiv celei apropiate de compoziția tipului natural-fundamental de pădure;
- tratamentelor intensive și relativ intensive, evitând aplicarea de tratamente extensive (tăieri rase, tăieri cu perioadă scurtă de regenerare);
- tehnologiilor de exploatare a lemnului compatibile cu cerințele ecologice referitoare la conservarea apei și la protecția solului și a terenurilor.

Trebuie, însă, de subliniat că problema structurilor optime ale arboretelor destinate să îndeplinească funcții de protecție a apei și a solului, cu toate rezultatele obținute deja până în prezent (Giurgiu, Dissescu, 1987), rămâne în actualitate pentru noi cercetări multi și interdisciplinare.

Din păcate, în silvicultura practică, gestionarea pădurilor cu funcții de protecție hidrologică și geomorfologică este în totală contradicție cu recomandările desprinse din opera profesorului Stelian Munteanu, cu deosebire în cazul pădurilor persoanelor fizice.

Nu putem omite concepția *ecologică* a profesorului Stelian Munteanu, referitoare la amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Într-adevăr, aflăm că „*realizarea echilibrului hidrologic în cuprinsul unui bazin hidrografic este de neconceput fără realizarea simultană a unui echilibru ecologic. Aceste două forme de echilibru sunt asociate și se realizează concomitent, ele condiționându-se reciproc*”.

Nu a fost marginalizată nici vasta și indispensabila acțiune de *reconstrucție ecologică* bazată, în principal, pe reîmpădurire, fapt explicabil dacă avem în vedere rolul hidrologic și antierozional redus al arboretelor deteriorate structural (Munteanu *et al.*, 1991).

Totodată, profesorul Stelian Munteanu a înțeles, mai bine decât predecesorii săi, că reușita acțiunilor referitoare la amenajarea bazinelor hidrografice torențiale este condiționată de existența unor solide fundamente științifice din domeniul *hidrologiei*, promovând în acest scop nu doar cercetări de *hidrologie a torenților*, ci și cercetări de *hidrologie forestieră*. Astfel, prin doctoranzii și colaboratorii săi (prof. I. Clinciu, dr. R. Gaspar, ing. Al. Apostol, dr. P. Abagiu, dr. C. Traci, dr. E. Untaru, prof. I. Ciortuz, dr. B. Alexa, dr. P. Miță, dr. N. Lazăr, Gh. Moja ș.a.) s-au dezvoltat și amplificat considerabil cercetările inițiate de C. Arghiriade (1954, 1955) în

acest domeniu prioritar. Din păcate, în ultimele două decenii acestor cercetări nu li s-a mai acordat toată atenția cuvenită. Mai mult decât atât, au rămas nestudiate și necercetate din punct de vedere hidrologic, silvicultural și ecologic marile inundații din ultimii ani, nesocotindu-se valoroasele cercetări efectuate de R. Gaspar și P. Abagiu (1974) după inundațiile din 1970.

Atașamentul profesorului Stelian Munteanu față de valențele ecologice, hidrologice și antierozionale ale pădurilor rezultă din următorul text⁸:

„Abordând o astfel de problemă, este imposibil să nu ne ducem cu gândul la vegetația forestieră, la pădure. Și aceasta pentru simpla rațiune că, oriunde pe planeta noastră și în toate epocile, pădurea a constituit și va constitui unul dintre mijloacele cele mai eficace, adesea singurul eficace, de conservare a echilibrului hidrologic din bazinele hidrografice din zonele montane și colinare și, pe un plan mai larg, din zonele cu relief accidentat”.

„Pentru amenajarea complexă a acestor zone, pădurea și apa reprezintă două componente indisolubil legate între ele, cu efecte reciproc conjugate. Pentru condițiile de climă și de relief din țara noastră – de altfel, și din alte zone ale Europei – se poate afirma, fără nici o exagerare, că așa cum este conservată, distribuită și gospodărită pădurea în zonele montane și de coline înalte este și regimul cursurilor de apă din aceste bazine”.

Unele gânduri expuse de profesorul Stelian Munteanu cu 35–40 de ani în urmă sunt uimitor de apropiate de concepte actuale, cum este cel al gestionării durabile a resurselor naturale, precum și cel al dezvoltării rurale durabile. Iată un exemplu:

„Terenurile forestiere reprezintă, în general, un procent ridicat din suprafața zonelor rurale montane și joacă un rol important în infrastructura generală a dezvoltării acestor zone, furnizând produse forestiere și servicii. Aici, pădurea trebuie luată în considerare nu numai prin funcția de producție, ci și prin funcțiile sociale și de protecție, care, adeseori, depășesc în valoare produsele forestiere, unele fiind vitale pentru societatea omenească”.

În acord cu principiile menționate mai sus, profesorul Stelian Munteanu a manifestat, totuși, o oarecare suplețe și moderație în privința primordialității pădurii în anumite zone rurale, arătând că *„nu trebuie să se tragă concluzia că pădurea trebuie pusă oriunde și cu orice preț, neglijând realitățile și necesitățile sectorului agricol. Acest lucru nu este nici posibil și nici în concordanță cu interesele generale ale economiei naționale”.*

1.2.4. TRATAREA AMENAJĂRII BAZINELOR HIDROLOGICE TORENȚIALE DUPĂ CONCEPȚIA SISTEMICĂ

În ultima sa lucrare, publicată *post-mortem* (Munteanu et al., 1991), profesorul dezvoltă gânduri, formulate anterior (Munteanu et al., 1975, 1979; Zăvoianu, 1978; Tufescu, 1966), referitoare la conceperea bazinelor

⁸ Extras din referatul elaborat de Stelian Munteanu „Rațiuni și principii ecogeografice pentru amenajarea complexă a bazinelor hidrografice torențiale din România” (Clinciu et al., 1998).

hidrografice torențiale ca sisteme cibernetice. Într-adevăr, „bazinul hidrografic nu trebuie considerat ca o simplă suprafață de teren, ci ca un organism fizico-geografic, care ni se înfățișează, luat în totalitatea lui, ca un sistem cibernetic armonios, având limitele naturale bine definite și constituind, în fiecare moment, un ansamblu unitar de componente-litologie, complexe stratigrafice, relief, climă, sol, ape, vegetație etc. – care se condiționează reciproc și se dezvoltă după legi proprii. În cuprinsul unui astfel de sistem nu există structuri independente, ci doar ansambluri și subansambluri de diferite ordine, ierarhizate după legi naturale și integrate funcțional, în limitele cărora, între componente se stabilesc conexiuni multiple și complexe” (Munteanu et al., 1991).

Se recunoaște adevărul că *„între bazinul hidrografic și mediu au loc, în mod permanent, schimburi de materie și energie”.*

Au fost identificate atât *intrările de materie și energie* în bazin (afluxul de apă, afluxul de materie solidă, afluxul de energie solară, energia mecanică potențială a câmpului gravitațional terestru etc.), cât și *ieșirile de materie și energie* din bazin (masele de apă evacuate din bazin în emisar pe calea scurgerii superficiale sau transferat prin curgere subterană, în apă freatică; masele de apă transferate în atmosferă prin evapotranspirație; materia solidă transportată sub formă de aluviuni de către apele de scurgere superficială; energia calorică, necesară topirii zăpezii și evaporării apei; energia solară radiată de suprafața bazinului etc.).

S-a precizat că atunci când *„acțiunile noastre asupra componentelor bazinelor hidrografice sunt unilaterale sau nu sunt judicios concepute și aplicate, mecanismul natural al scurgerii superficiale poate fi dereglat în așa măsură încât consecințele negative ale acestor dereglări să afecteze însăși interesele vitale ale societății omenești”.*

„Dimpotrivă, prin acțiuni complexe multilaterale și științific-coordonate, concepute în concordanță cu legile naturii, este posibilă dirijarea mecanismelor interacțiunii dintre componentii unui bazin hidrografic, încetinind sau accelerând anumite procese naturale, în așa fel încât fenomenele din cuprinsul bazinului să se dezvolte în sensul satisfacerii, într-o măsură tot mai mare, a intereselor majore ale întregii societăți”.

Atunci s-a realizat un prim pas în direcția tratării bazinului hidrografic torențial în termeni ai teoriei sistemelor. Din păcate, odată cu dispariția fizică a profesorului Stelian Munteanu, preocupările științifice în această direcție au fost aproape abandonate.

1.2.5. CONSIDERAȚII SINTETICE FINALE

Cele prezentate succint în lucrarea de față, desigur incomplet, sunt, așadar, doar o parte din vasta și deosebit de valoroasă operă științifică a regretatului profesor Stelian Munteanu. Ea se află judicios încorporată în monografia de excepție *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice*, apărută în două volume (Munteanu et al.,

1991, 1993), din prefața cărora aflăm o excepțională prezentare sintetică a evoluției domeniului dat în perioada 1948–1991, după cum urmează:

„În 1948 s-au elaborat primele instrucțiuni de proiectare și au luat ființă primele unități mari pentru executarea lucrărilor organizate special în acest scop, pe Valea Prahovei (Valea lui Bogdan etc.), cărora le-au urmat, la scurt timp, șantierele din Valea Bistriței, Valea Ampoiului, Valea Oltului, Vrancea etc. În paralel s-a dezvoltat activitatea de proiectare, iar studiile și cercetările efectuate de specialiștii în materie au condus la numeroase tipuri de lucrări noi, cu un ridicat grad de economicitate. În Institutul de Mecanica Fluidelor al Academiei Române s-au efectuat, pentru prima dată în țara noastră, unele cercetări speciale de hidraulică a torenților. Au fost inițiate și sunt în curs cercetări relativ ample de hidrologie forestieră și de hidrologie a torenților”.

„Într-un cuvânt, am putea vorbi de o adevărată școală românească în domeniul amenajării torenților, a cărei participare activă la circuitul european de valori a impus-o ca una dintre școlile pe deplin comparabile cu cele din țările cu tradiție îndelungată în domeniul respectiv”.

Inițiatorul și înfăptuitorul acestui „edificiu” științific este, fără îndoială, profesorul Stelian Munteanu, cel care, împreună cu distinșii săi discipoli și colaboratori – prof. I. Clinciu, dr. R. Gaspar, dr. C. Traci, dr. E. Untaru, dr. P. Abagiu, dr. N. Lazăr, prof. I. Ciortuz ș.a. – au deschis, totodată, noi căi de dezvoltare în viitor a științei pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale.

Acum, la aproape două decenii de la trecerea regretatului profesor Stelian Munteanu în „casa vieții de dincolo”, apar, însă, legitime întrebări referitoare la starea amenajării bazinelor hidrografice torențiale din punct de vedere științific și practic.

Desigur, trecerea prematură în neființă a profesorului Stelian Munteanu a constituit o grea pierdere, în primul rând sub raportul progresului științific în materie, rămânând, din păcate, nefinalizate, chiar abandonate, proiectele sale referitoare la *hidrologia forestieră* și *hidrologia torenților*. În consecință, s-au înregistrat și acumulat regretabile întârzieri la o mai profundă fundamentare științifică a acțiunilor practice pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Au slăbit, totodată, relațiile științifice ale țării noastre cu instituțiile științifice internaționale, în primul rând europene. De asemenea, nu s-a pus încă în aplicare pe plan științific *concepția ecologică* a profesorului Stelian Munteanu, concepție care, pe plan internațional, a evoluat în direcția *ecohidrologiei* (Clinciu, 2006). În același timp, așa cum s-a menționat deja, *concepția sistemică* a rămas la nivelul unui deziderat.

La cele menționate mai sus adăugăm redusă preocupare pentru *cercetarea experimentală* în bazinele experimentale permanente, singurele care pot furniza informații științifice în domeniul hidrologiei forestiere și al hidrologiei torenților. Aceste informații autentice nu pot fi și nu trebuie înlocuite cu rezultate artificiale obținute doar prin simulări cu sisteme ale tehnologiei informației.

Tot la nivel de deziderat au rămas și cercetările referitoare la fundamentele hidrologice și antierozionale ale gestionării pădurilor, inclusiv



ale tratamentelor silviculturale. Fără o temeinică fundamentare științifică se află și clasificarea funcțională a pădurilor destinate să îndeplinească funcții de protecție a apei și solului.

Cele menționate anterior sunt și o consecință a lipsei unei structuri specializate la Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, dar și a inexistenței laboratoarelor de profil la multe dintre facultățile de silvicultură din țara noastră.

Nu putem însă lăsa nementionate valoroasele lucrări de profil publicate în ultimele două decenii, bazate în mare măsură pe informații de teren obținute prin cercetări anterioare, precum și tratatele, cursurile și articolele de specialitate, elaborate cu deosebire de profesorul Ioan Clinciu – membru corespondent al Academiei de Științe Agricole și Silvice, de dr. Radu Gaspar – membru de onoare al aceleiași Academii, precum și de alți specialiști în acest domeniu. De bun augur sunt și lucrările de doctorat din domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale.

Declinul din ultimele două decenii al cercetării științifice din domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale, menționat anterior, este dublat de *considerabilul regres* al acțiunilor practice din acest domeniu. În ciuda gradului avansat de torențializare a majorității rețelei hidrografice din zonele de munte și dealuri, precum și a întinselor suprafețe de terenuri puternic degradate (circa două milioane hectare), a fost redus *drastic* atât volumul lucrărilor de corectare a torenților, cât și cel al lucrărilor pentru împădurirea terenurilor inapte pentru o agricultură eficientă (la circa 1/10 față de perioada anterioară). Cauzele acestei incredibile și regretabile stări sunt multiple, dintre care menționăm următoarele:

- anemica voință politică a guvernanților;
- lipsa unei legislații favorabile acestor acțiuni;
- iresponsabila reducere a fondurilor alocate de la bugetul statului pentru reconstrucția ecologică a țării prin mijloace silvice;
- neraționala reconstituire a dreptului de proprietate asupra terenurilor agricole și silvice, prin legi nechibzuite.

La cele menționate mai sus se adaugă abandonarea cvasitotală a activităților de întreținere și reparare a lucrărilor hidrotehnice de corectare a torenților, barajele devenind astfel nefuncționale. Abandonul, din păcate, a fost extins și asupra unor culturi silvice instalate pe terenuri degradate.

Profesorul Stelian Munteanu ar fi foarte îndurerat dacă ar ști că, acum, în condiții democratice, într-o Românie membră a Uniunii Europene, amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, pentru al cărui nivel și prestigiu s-a dăruit în întreaga sa viață activă, se află în starea care se află: cu o activitate de cercetare în declin, cu un învățământ superior de profil bulversat, cu investiții minore pentru corectarea torenților, cu lucrări hidrotehnice executate anterior abandonate și nefuncționale, cu desconsiderarea iresponsabilă a lucrărilor de împădurire a terenurilor degradate. Păcat!

Este în afara oricărei îndoieli adevărul potrivit căruia în condițiile aplicării consecvente și exhaustive a recomandărilor desprinse din știința amenajării bazinelor hidrografice torențiale, la fundamentarea căreia

profesorul Stelian Munteanu și-a adus cea mai mare și esențială contribuție, consecințele hazardelor hidrologice și geomorfologice manifestate prin inundații și alunecări de teren – multe dintre ele catastrofale – produse în țara noastră în ultimele două decenii, ar fi fost, categoric, mult mai reduse.

Nădăduim că, în memoria ilustrului înainte-mergător Stelian Munteanu, actuala generație de oameni de știință, silvicultorii și factorii de decizie vor identifica și valorifica toate mijloacele eficiente pentru *reînălțarea școlii românești de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale* – cu ambele ei componente: științifică și practică – la nivelul atins de întemeietorul acesteia, școală care să redevină „*pe deplin compatibilă cu cele din țările cu tradiție îndelungată în domeniul respectiv*”, cel târziu până la împlinirea a 100 de ani de la nașterea ctitorului acesteia, astfel încât să fie depășite atât stările de *declin* ale cercetării științifice, cât și cele de *regres* ale activităților practice de profil, menționate anterior.

Completarea, dezvoltarea și apoi reeditarea monografiei (în două volume) „*Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale*” va fi un alt act de recunoștință adresat memoriei reputatului om de știință Stelian Munteanu.

Îndeplinirea acestor cerințe obiective se va putea constitui, desigur, în cel mai înălțător omagiu adus celui care a fost și va rămâne „*primus inter pares*” în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale.

1.3. LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE DE CĂTRE PROFESORUL STELIAN MUNTEANU⁹

A. UNIC SAU PRIM AUTOR

- Munteanu, S., 1948, *Instrucțiuni provizorii pentru cantitățile maxime și minime necesare lucrărilor de artă pentru ameliorarea terenurilor degradate etc.* Litografia Ministerului Agriculturii și Domeniilor București (37 p.).
- Munteanu, S., 1950, *Câteva principii de ameliorare hidrotehnică a terenurilor degradate din U.R.S.S. Analele Româno-Sovietice (Seria Silvicultură)*, aprilie-iunie, Editura Academiei R.P.R., București (11 p.).
- Munteanu, S., 1951, *Proiectarea lucrărilor de corecție a torenților*. Revista pădurilor și industrializarea lemnului nr. 3 (7 p.).
- Munteanu, S., Apostol, A.M., 1952, *Aspecte ale problemei paniei de compensație*. Revista pădurilor nr. 12 (9 p.).
- Munteanu, S., 1952, *Construcții civile și forestiere*. Editura Tehnică, București (228 p.).
- Munteanu, S., Apostol, A.M., 1953, *Contribuții la proiectarea barajelor mici de greutate folosite în corectarea torenților*. Revista pădurilor nr. 5 (8 p.).
- Munteanu, S., 1953, *Contribuții la dimensionarea barajelor mici de greutate*. Revista pădurilor nr. 6, București (9 p.).
- Munteanu, S., 1953, *Tabele și diagrame pentru calculul volumului de zidărie la barajele mici de greutate folosite în corectarea torenților*. Revista pădurilor, nr. 7 (7 p.).
- Munteanu, S., Apostol, A.M., 1953, *Contribuții la studiul economiilor de materiale la barajele de greutate din beton și zidărie cu mortar, folosite în corectarea torenților*. Revista pădurilor nr. 9 (7 p.).
- Munteanu, S., 1953, *Corectarea torenților*. Editura Agro-silvică, București (336 p.).

⁹ După Clinciu, Lazăr, Alexa (1998).

STELIAN MUNTEANU, THE FOUNDER OF THE ROMANIAN SCHOOL FOR TORRENTIAL WATERSHEDS MANAGEMENT

ABSTRACT

This chapter is dedicated to the celebration of 90 years since the birth of the outstanding silviculturist Stelian Munteanu (1918–1990), member of the Romanian Academy and the Academy of Agricultural and Forestry Sciences, ex-President and President of Honour of FAO work group for mountain watersheds management.

After the presentation of the biography of this illustrious Romanian silviculturist, professor at the Faculty of Silviculture in Brasov, his scientific work is estimated to consist of 105 published works, many of them being monographs of great value.

A synthesis of Prof. Stelian Munteanu's scientific work is presented in the monograph entitled *"Torrential watersheds management by means of forest and hydrotechnical works"* in two volumes.

Prof. Stelian Munteanu's conceptions and methods refer to:

- harmonious joining of hydrotechnical and biological works;
- works integrality and complexity for torrential watersheds management;
- the application of ecologic principles and the theory of systems in this field.

It was required in the memory of the reputed silviculturist the surpassing of the scientific research decline and practical activities which have been recorded in the last two decades namely after Professor Stelian Munteanu's death.

Key words: history of silviculture, torrential watersheds management, forest and water regime.

2. VIZIUNILE ȘI PREVIZIUNILE ȘTIINȚIFICE ALE PROFESORULUI STELIAN MUNTEANU, ÎN CONTEXTUL NOILOR CONCEPTII ȘI PROGRAME EUROPENE ÎN DOMENIUL AMENAJĂRII BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

IOAN CLINCIU¹

2.1. INTRODUCERE

În contextul recente integrări a României în Uniunea Europeană, împlinirea a 90 de ani de la nașterea profesorului Stelian Munteanu este un bun prilej de a reconstitui, de a proiecta în contemporaneitate și de a (re)valoriza contribuțiile europene ale acestuia, cu deosebire contribuțiile aduse în cadrul Grupului de lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane, grup care, de peste o jumătate de secol, funcționează în cadrul Comisiei Europene a Pădurilor.

În calitate de președinte, cel omagiat în lucrarea de față a condus Grupul timp de peste un deceniu (1970–1982), într-o perioadă în care activitățile au fost orientate de la preocupările monodisciplinare la cele multi- și interdisciplinare și când, părăsindu-se abordările strict hidrologice, hidraulice și hidrotehnice, s-a trecut la abordări extinse pe o scară mult mai largă, cu încorporarea nevoilor economice, ecologice și sociale.

O retrospectivă chiar și sumară din acest punct de vedere este necesară și utilă pentru a surprinde care sunt progresele înregistrate de la acea vreme și până astăzi, care este spiritul în care sunt pregătite viitoarele programe și proiecte în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale și în ce măsură concepțiile cristalizate de către FAO pe vremea profesorului Stelian Munteanu, inclusiv cu aportul direct al acestuia, au răspuns și încă mai răspund actualei etape de abordare a amenajării bazinelor hidrografice torențiale.

*

Încă din antichitate, viața oamenilor a depins de folosirea apei în diferite forme (irigații, transporturi etc.), chiar și Roma de astăzi – legendara capitală a Imperiului Roman – datorându-le etruscilor, printre altele, și două trăsături esențiale referitoare la apă:

¹ Profesor universitar, doctor inginer, membru corespondent al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură.

– canalul de scurgere situat în apropierea clădirii FAO, care a transformat marea zonă mlăștinoasă Forum, centrul Romei antice, într-un centru civic și religios, și – sistemul de apeducte care realizează scurgerea apei din masivul Apeninilor Centrali către zona urbană, sistem care, la vremea respectivă, susținea cunoscutele „*termae*” – băi termale, care aveau încorporate biblioteci, săli de lectură și alte facilități care amintesc și astăzi despre vocația culturală a sistemului.

În Evul mediu și Epoca modernă, pe măsură ce suprafața împădurită a planetei a fost gradual redusă, relația dintre starea bazinelor și frecvența viiturilor a început să fie remarcată și explicată, iar necesitatea apărării localităților, drumurilor și altor căi de comunicație etc. împotriva hazardelor hidrologice a devenit o realitate.

Cu toate acestea, teoria modernă asupra amenajării bazinelor hidrografice torențiale s-a încheiat doar în zilele noastre. Ea avea să fie rezultatul a două procese cu derulare paralelă: pe de o parte, *activitatea de restaurare a terenurilor degradate* din Alpii Franței – inițiată de această țară la mijlocul secolului al XIX-lea – și, pe de altă parte, cunoscuta mișcare de „*conservare a solului și apei*”, care s-a declanșat în Statele Unite ale Americii, în primele decenii ale secolului al XX-lea.

Este, fără îndoială, meritul Comisiei Europene a Pădurilor din cadrul cunoscutei organizații mondiale FAO, dar și meritul Grupului de lucru pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane, înființat în anul 1950² în cadrul acestei comisii, de a fi catalizat, conectat și internaționalizat cele două procese, prin împletirea experienței restaurării terenurilor degradate și prin legarea tehnicilor clasice de corectare a torenților din zonele de munte ale Europei cu folosirea vegetației și cu metodele moderne de conservare a solului și apei, experimentate în Statele Unite ale Americii.

Primele programe FAO care au inițiat și încurajat o nouă abordare în realizarea proiectelor pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale s-au elaborat în urmă cu aproximativ patru decenii. Totuși, numai după anul 1970 asemenea proiecte au început să fie implementate, dar fără să fi existat – la vremea respectivă – o preocupare specială pentru atragerea, conștientizarea și implicarea comunităților locale. Doar din anii '80, proiectele organismelor specializate ale FAO au început să includă și o puternică componentă socială, astfel că, numai de atunci, am putea vorbi de nașterea unei teorii asupra amenajării „*integrate*” a bazinelor hidrografice montane, în adevăratul înțeles al cuvântului (FAO, 1986, 1998).

Nu este mai puțin adevărat că primele principii în legătură cu această problemă fuseseră formulate în anul 1970, cu ocazia celei de a 10-a Sesiuni a Grupului de lucru (München – R.F.Germania), iar în intervalul de

² La data înființării, acest organism purta denumirea de „Grup de lucru al CEF – FAO pentru corectarea torenților și lupta împotriva avalanșelor” și avea următorul mandat : „studierea problemelor care se pun în regiunile montane din Europa cu o foarte densă populație, conservarea solului și apărarea localităților, a terenurilor cultivate, a căilor de comunicație și a lucrărilor hidrotehnice împotriva viiturilor torențiale și avalanșelor”.

timp care s-a scurs de atunci și până astăzi multe dintre țările europene care au aplicat aceste principii (printre ele se află și România) au reușit importante progrese tehnico-științifice și au acumulat o bogată experiență practică într-un domeniu care este tradițional legat de ingineria silvică și care militează în permanență pentru conștientizarea influențelor complexe ale pădurii asupra proceselor fizice și biologice ale mediului. Tocmai acestea au fost rațiunile pentru care organismele diriguitoare ale Departamentului Pădurilor din cadrul FAO au considerat oportun ca teoria și practica amenajării bazinelor hidrografice torențiale să fie reevaluate, reactualizate și redirectionate către țelurile și obiectivele ambientale ale noului mileniu.

S-a răspuns, astfel, celor stipulate în Rezoluția nr. 4 a Conferinței de la Strasbourg cu privire la protecția pădurilor din Europa, precum și prevederilor din cunoscuta Agendă 21 a Conferinței Națiunilor Unite pentru Mediu și Dezvoltare (Rio, 1992), prevederi referitoare la punerea în valoare a zonelor montane și, implicit, la gestionarea durabilă a bazinelor hidrografice cu alimentarea din aceste zone, care prezintă, după cum se știe, cel mai pronunțat hazard hidrologic și cel mai ridicat potențial de torențialitate.

La începutul noului secol și mileniu, în paralel cu cele două evenimente mult mediatizate la scară mondială – Anul Internațional al Muntelui (2002) și Anul Internațional al Apei (2003) – și în consens cu preocuparea comunității internaționale de a asigura o dezvoltare armonioasă și durabilă a ariilor montane, FAO și partenerii săi au declanșat o largă acțiune de evaluare a stadiului actual și de prospectare a direcțiilor de viitor privind amenajarea bazinelor hidrografice, în general, și a celor torențiale, în special.

Obiectivele au fost și sunt de a promova și disemina experiențele câștigate, de a identifica constrângerile în implementarea proiectelor elaborate și de a ajunge la noi paradigme și abordări, astfel încât lecțiile desprinse din experiența trecutului să fie folosite pentru o nouă generație de programe și proiecte îndreptate în direcția amenajării „integrate” a bazinelor hidrografice torențiale.

Pentru noua configurație a Uniunii Europene, amenajarea bazinelor hidrografice și a râurilor transfrontaliere devine din ce în ce mai importantă, ea oglindind creșterea gradului de conștientizare asupra strânsei legături dintre impactul asupra mediului, pe de o parte, și impactul asupra economiei și societății, pe de altă parte (Paracchini, Folving, 2005). De altfel, cooperarea internațională a început în multe bazine și multe proiecte europene transfrontaliere au fost inițiate (Paza Dunării, Conferința ministerială asupra Rinului, Comisiile internaționale ale Rinului, Elbei, Oderului, Dunării ș.a.).

O dezvoltare pozitivă, care continuă și astăzi, este generată de adoptarea *Directivei-cadru asupra apei* (2000/60/EC). Bazată pe principiile subsidiarității și guvernării, această directivă obligă statele membre ale Uniunii Europene să decidă singure asupra aspectelor ambientale, economice și societale, atunci când acestea nu prezintă interese comune și nici importanță pentru întreaga comunitate.



Marile bazine hidrografice ale planetei sunt însă spații hidrografice transfrontaliere și nu pot fi privite doar ca entități naționale; în aceste cazuri, planificarea și managementul activităților de amenajare urmează a fi coordonate și armonizate, așa după cum la scara UE se urmărește prin aplicarea prevederilor Directivei-cadru privind apa. Dar, în ciuda multor progrese care s-au făcut în amenajarea bazinelor hidrografice, în special în deceniul 1990–2000, încă nu s-a lămurit definitiv cum ar trebui să arate viitoarele programe de amenajare, încă nu a fost proiectat un tablou clar asupra felului în care ar trebui acționat în continuare și cum ar putea fi ameliorate programele deja lansate (Achouri, 2005; Tennyson, Zingari, 2006). Iată de ce, analiza în profunzime a realizărilor și identificarea pașilor de urmat în continuare au fost definite de către FAO ca o precondiție a dezvoltării viitoarelor programe de amenajare.

Cu un astfel de mandat a fost pregătită Sesiunea Europeană Regională de la Megève–Franța (în celtică Megève înseamnă „locul apelor”), sesiune³ care s-a desfășurat în 5–6 septembrie 2002, cu prilejul primei conferințe internaționale pe tema *Apa în munți*.

În tematica comunicărilor prezentate la acea sesiune, am putut decela modul în care prestigioasa Organizație Mondială pentru Alimentație și Agricultură-FAO, prin grupul său de lucru specializat pe problemele amenajării bazinelor hidrografice montane, încearcă să-și valorifice și să-și dezvolte creativ propria experiență câștigată pe parcursul ultimelor decenii, inclusiv în perioada 1970–1982, când la conducerea grupului s-a aflat un specialist din România.

Cu multă satisfacție profesională am putut constata că întreaga construcție teoretică clădită pe vremea și cu aportul regretatului profesor Stelian Munteanu, al celorlalți participanți la activitățile Grupului, se regăsește încorporată astăzi în noua generație de programe și proiecte în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale (***, 2005; ***, 2006 a).

Iată de ce, una dintre țintele lucrării de față este tocmai de a face o paralelă între aceste fundamente științifice și de a pune în lumină viziunile și previziunile științifice ale profesorului Stelian Munteanu, ca un binemeritat omagiu adus acestei prestigioase personalități a științei silvice românești și europene.

2.2. EVOLUȚIA PREOCUPĂRILOR, DE LA ORIENTAREA TRADIȚIONALĂ LA ORIENTAREA AMBIENTALĂ

2.2.1. MANDATUL GRUPULUI, ÎN CONTINUĂ SCHIMBARE

De-a lungul timpului, ca răspuns la nevoile societale de schimbare, scopul acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale s-a

³ Manifestarea a reunit circa 400 de persoane și numeroase instituții din 25 de țări ale lumii (de pe 4 continente), precum și 15 organizații internaționale.

îndepărtat de la conceptul inițial al unei acțiuni pur tehnice și s-a îndreptat către o acțiune tot mai complexă, capabilă să integreze și să armonizeze principii și probleme hidrologice, tehnice, sociale și economice, pentru a menține productivitatea bazinelor de munte la un standard comparabil cu cel al terenurilor joase de la câmpie, printr-o utilizare cât mai judicioasă a solului, resurselor forestiere și resurselor de apă (Kreček, 2005). Din această necesitate s-a născut *conceptul de amenajare complexă și integrală a bazinelor hidrografice torențiale*, abordare crucială a Grupului de Lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane.

Mandatul în continuă schimbare al Grupului de lucru demonstrează tocmai atenția acordată de către FAO pentru a reflecta nevoile societății europene, începând cu sprijinul acordat reconstrucției economice de după cel de al doilea război mondial, prin protecția zonelor montane împotriva viiturilor, alunecărilor de terenuri și avalanșelor (atât prin construcții cât și prin lucrări de reîmpădurire), continuând cu absorbția pe agenda sa a numeroase probleme sociale, economice și de agricultură, și terminând cu implementarea aspectelor ambientale și cu dezvoltarea globală a priorităților într-un continuu schimb de experiență cu țări din afara Europei.

Spectrul tot mai apăsător al dezastrelor naturale – cu deosebire al celor hidrologice – a îndreptat și mai mult sensibilitatea Grupului către problematica ambientală, către percepția deschisă de însași Conferința ONU asupra mediului și dezvoltării de la Rio de Janeiro (1992), potrivit căreia *apa constituie o parte integrantă a ecosistemului, o resursă naturală și un bun economic și social*.

Înțelegerea rolului determinant al bazinelor de munte în funcționarea mecanismului resurselor de apă a însemnat și încă mai înseamnă o provocare pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, înseamnă o chemare urgentă pentru un nou tip de abordare în evaluarea, dezvoltarea și gestionarea durabilă a resurselor de apă, încă un argument în privința oportunității studiilor complexe, multi- și interdisciplinare – singurele în măsură să realizeze conectarea dintre ecosistemele naturale și procesele socio-economice – și încă o demonstrație asupra adevărului potrivit căruia numai o bună politică economică se poate manifesta ca o forță majoră în strategia mondială de conservare și de protecție a mediului (Kreček, 2005).

Dacă în anul 1952, la prima sesiune a Grupului (ținută la Nice, în Franța), sarcina principală a fost de a soluționa doar aspectele tehnice ale dezastrelor (viituri, alunecări de terenuri, avalanșe), prin utilizarea atât a practicilor forestiere cât și a lucrărilor ingineresti, în anul 1960 preocupările au fost extinse și la agricultura montană, la turism și la alte probleme economice și sociale, pe care le ridica atunci economia din zona de munte.

În anul 1970, problemele ambientale și impactul lor asupra societății au intrat în centrul atenției Grupului, care, schimbându-și denumirea, a devenit tot mai deschisă către abordarea interdisciplinară a problemelor.

Între anii 1980 și 1990, s-a realizat transferul de cunoștințe către țări în curs de dezvoltare din Africa, Asia și America Latină.

În anul 1998, tema celei de a 21-a sesiuni a Grupului (ținută în Cehia) a fost *amenajarea integrată a bazinelor*, discutându-se pe larg conceptul modern de amenajare, bazat atât pe evaluarea impactului ambiental, cât și pe evaluarea strategică ambientală.

Aniversarea a 50 de ani de activitate a fost marcată la sesiunea din Elveția, din anul 2002 (Davos, 16–19 septembrie).

Cele mai recente schimbări societale și economice din regiunile montane ale Europei (în principal cele provocate de creșterea turismului de masă), orientează preocupările către *predicție* și *prevenire*, translatând activitatea Grupului către *conceptul de control integrat al bazinelor hidrografice torențiale*, bazat pe monitorizarea ecologică a acestora, pe evaluarea impactului ambiental și pe predicția cât mai exactă a răspunsurilor provocate de scenariile de folosire a terenurilor (Kreček, 2005; ***, 2003; ***, 2004).

Transferul cunoștințelor către țările est-europene cu economie în tranziție, dar și către țările dezvoltate, poate constitui o importantă contribuție a Grupului la un viitor comun stabil, nu numai în Europa ci și în întreaga lume.

Pe de altă parte, este de așteptat ca amenajarea bazinelor hidrografice torențiale să reflecte și cele mai recente schimbări din societatea europeană: creșterea gradului de descentralizare, creșterea rolului publicului și organizațiilor neguvernamentale etc.

2.2.2. BAZINUL HIDROGRAFIC AMENAJAT, UNITATE PENTRU MONITORIZAREA MEDIULUI

Extinderea, diversificarea și interconectarea preocupărilor referitoare la reconstrucția ecologică (și implicit hidrologică) a mediului au grăbit trecerea de la înțelesul tradițional (strict hidrologic) al noțiunii de bazin, la viziunea sistemică, modernă, asupra acestei noțiuni (Clinciu, 1999, 2000, 2001, 2005, 2006; Clinciu, Lazăr, 1994, 1997).

Bazinul hidrografic a încetat a mai fi văzut doar ca o simplă suprafață de teren de pe care o anumită formațiune hidrologică (fluviu, râu, pârâu, torent etc.) își colectează apele în urma unui aport superficial pluvial, nival sau pluvio-nival. Astăzi, din ce în ce mai mulți specialiști aderă la ideea că bazinul hidrografic este o parte componentă a ecosferei, o unitate cu trăsături distincte a peisajului geografic, un rezervor inepuizabil al resurselor naturale, un autentic depozitar al biodiversității.

Ca unități naturale atât de clar delimitate prin intermediul cumpenei apelor, bazinele hidrografice reprezintă celule de bază ale unei semnificative părți din regiunile continentale ale scoarței terestre. Ele constituie adevărate castele de apă ale planetei, locurile de unde își culeg izvoarele toate marile artere hidrografice ale lumii și unde se hotărăște geneza multora dintre procesele și fenomenele care au loc pe Terra.

Nu în ultimul rând, bazinele hidrografice reprezintă un suport pentru viața oamenilor sau constituie spațiul geografic care le condiționează ori le

influențează existența. În cuprinsul bazinelor hidrografice, societatea omenească cultivă solurile, regenerează și exploatează pădurile, deschide noi artere de comunicație, rectifică traseul cursurilor de apă și folosește energia hidrolică a acestora, construiește așezări rurale sau urbane, ridică obiective industriale, turistice etc. *Datorită etajării verticale a formelor de relief și a distribuției demografice în cuprinsul acestora, în România peste 50 % din populație este nemijlocit și puternic influențată de procesele care au loc în bazinele hidrografice din regiunile de deal și munte.*

Iată de ce, este tot mai acreditată opinia potrivit căreia *bazinul hidrografic*, în general, și *bazinul torențial amenajat*, în special, poate (și trebuie) să fie adoptat ca *unitate pentru monitorizarea mediului* (Borelli, 1998; Paracchini et al., 1998). Legiferat de UE prin Directiva-cadru privind apa (2000/60), acest concept a fost dezbătut și recomandat spre aplicare tuturor țărilor la cel de al treilea Forum Mondial al Apei (Japonia, 2003).

Într-adevăr, fiindcă participă la schimbul continuu de materie și de energie, bazinul hidrografic se află în raporturi de reciprocitate și de intercondiționare cu mediul (fig. 2.1), funcționând ca un sistem deschis⁴. După cum afirma cel omagiat în paginile lucrării de față „*în cuprinsul unui astfel de sistem, nu există structuri independente ci există doar ansamble de diferite ordine, ierarhizate după legi naturale și integrate funcțional, fiecare component al sistemului influențându-i pe ceilalți și suportând, la rândul lui, influențele lor*” (fig.2.2).

Fig. 2.1. Schema schimburilor de masă și de energie ale unui bazin hidrografic cu mediul (Zăvoianu, 1985). P – precipitații; A_v – aport datorită vântului; A_s – aport subteran; A_u – aport prin intervenția umană; E_s – radiație solară; Q,R,M – scurgere lichidă, solidă și chimică; E_v – evapotranspirație; P_s – pierderi subterane; P_v – pierderi datorită vântului; P_u – pierderi prin intervenția umană; E_r – energie reflectată și radiată.

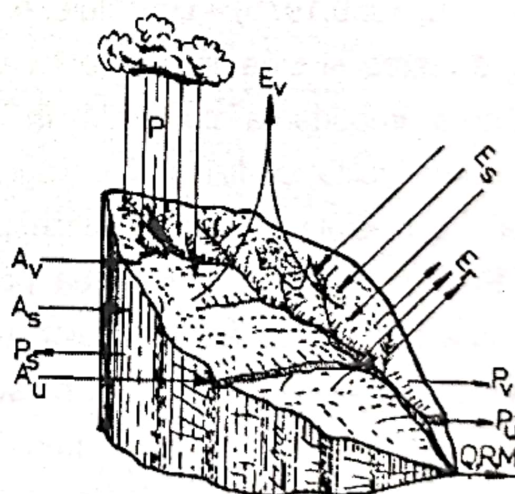
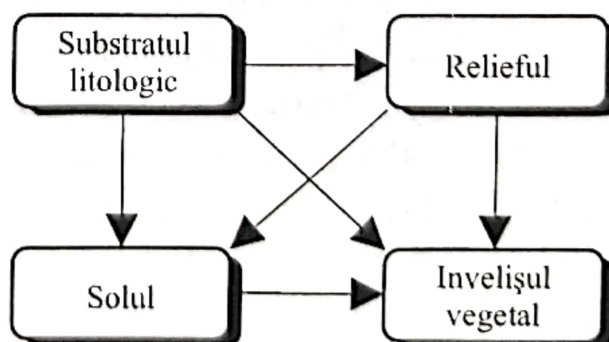


Fig. 2.2. Interdependențele dintre variabilele care definesc comportamentul hidrologic al unui bazin (Zăvoianu, 1985).



⁴ Delimitarea naturală prin intermediul cumpenei apelor este de importanță covârșitoare pentru abordarea sistemică a bazinului, deoarece în acest segment bine individualizat al mediului se pot estima relativ precis intrările/ieșirile de materie și de energie în-din bazin.

„Pornind de la o astfel de accepțiune a noțiunii de bazin, este ușor de înțeles de ce modificarea mai mult sau mai puțin controlată a unora dintre componente – de exemplu a vegetației, a solurilor etc. – declanșează, în mod spontan, după legea conexiunii obiectelor și fenomenelor din natură, întregul mecanism de modificare al celorlalți componente” (Munteanu, 1969,1975). Este, deci, justificat ca atât starea factorilor de mediu, cât și modificările apărute în sistem, să fie monitorizate la nivelul de bazin.

Prin modul de alcătuire (versanți-rețea), de asociere și de înlănțuire spațială (de la ordinele de rang inferior către ordinele de rang superior), bazinele hidrografice se transformă în organisme tot mai complexe, care sub influența câmpului gravitațional terestru realizează o cumulare progresivă și o concentrare graduală a apelor provenite din ploi abundente și/sau topirea bruscă a zăpezilor. Așa se face că „scurgerea, eroziunea, transportul de aluviuni și sedimentarea – acest ansamblu de fenomene diferite ca forme de manifestare, ca mecanism de producere și ca efecte provocate, dar indisolubil legate între ele prin condiționări reciproce în cuprinsul unui bazin hidrografic” (Munteanu, 1969,1975) – constituie, ele însele, un barometru sensibil în ceea ce privește starea și dinamica factorilor de mediu, cu atât mai mult cu cât orice modificare importantă survenită în spațiul bazinului (defrișarea vegetației, degradarea calităților fizice și biologice ale solurilor etc.) este pusă vizibil în evidență la nivelul rețelei hidrografice, prin mișcarea apei și aluviunilor.

Pe de altă parte, evaluarea potențialului natural al resurselor de apă, urmărirea sistematică a influențelor tuturor amenajărilor și folosințelor de apă, regularizarea și îndiguirea albiilor cursurilor naturale de apă, estimarea efectelor de atenuare a undelor de viitură prin lacuri de acumulare, apărarea de inundații a localităților și terenurilor agricole, și, în general vorbind, gestionarea într-o concepție unitară și de largă perspectivă a acestei bogății naturale pe care o reprezintă „apele” nu se pot realiza decât la scară de bazin hidrografic.

O astfel de unitate este, în același timp, o unitate ideală pentru stabilirea strategiilor de amenajare, în acest spațiu bine delimitat geografic toate activitățile determinate sau implicate de exploatarea terenurilor având impact direct asupra factorilor de mediu, în primul rând asupra vegetației, solului și apei.

Printre activitățile de folosire a terenurilor care sunt frecvent întâlnite în cuprinsul bazinelor hidrografice se află: activitățile forestiere, activitățile agricole, mineritul, turismul (recrearea) și căile de comunicații. Impactul

acestor activități asupra bazinului și a factorilor de mediu diferă în timp și spațiu, de la un caz la altul.

Astfel, se știe cât de vulnerabile devin bazinele hidrografice (cu deosebire cele din zona de deal și munte), atunci când pădurea are de suferit de pe urma unor intervenții antropice agresive (cum sunt, de pildă, tăierile rase) (foto 2.1 a,b), ori atunci când tehnologiile și instalațiile folosite pentru exploatarea și transportul lemnului nu țin seama și de riscurile erozionale.

Terenurile înierbate (pajiștile) montane deși protejează bine solul când sunt păstrate intacte, totuși, în condițiile supraîncălcării cu animale, procesele de eroziune pe aceste terenuri se accelerează. Fânețele rămân, și ele, după recoltă, vulnerabile la degradarea prin eroziune.

Multe bazine din Europa și din lume sunt afectate și de o agricultură nerațională. Aceasta ramură economică este cea mai mare consumatoare de apă și constituie cel mai mare generator de surse de poluare; ea poate produce disturbarea balanței hidrologice și poate crea condiții favorabile declanșării proceselor torențiale.

Mineritul practicat în bazinele hidrografice degradează peisajul acestora și alterează calitatea apei, iar activitatea de recreare – deși relativ nouă – a început să dea un serios impact la scara bazinelor.

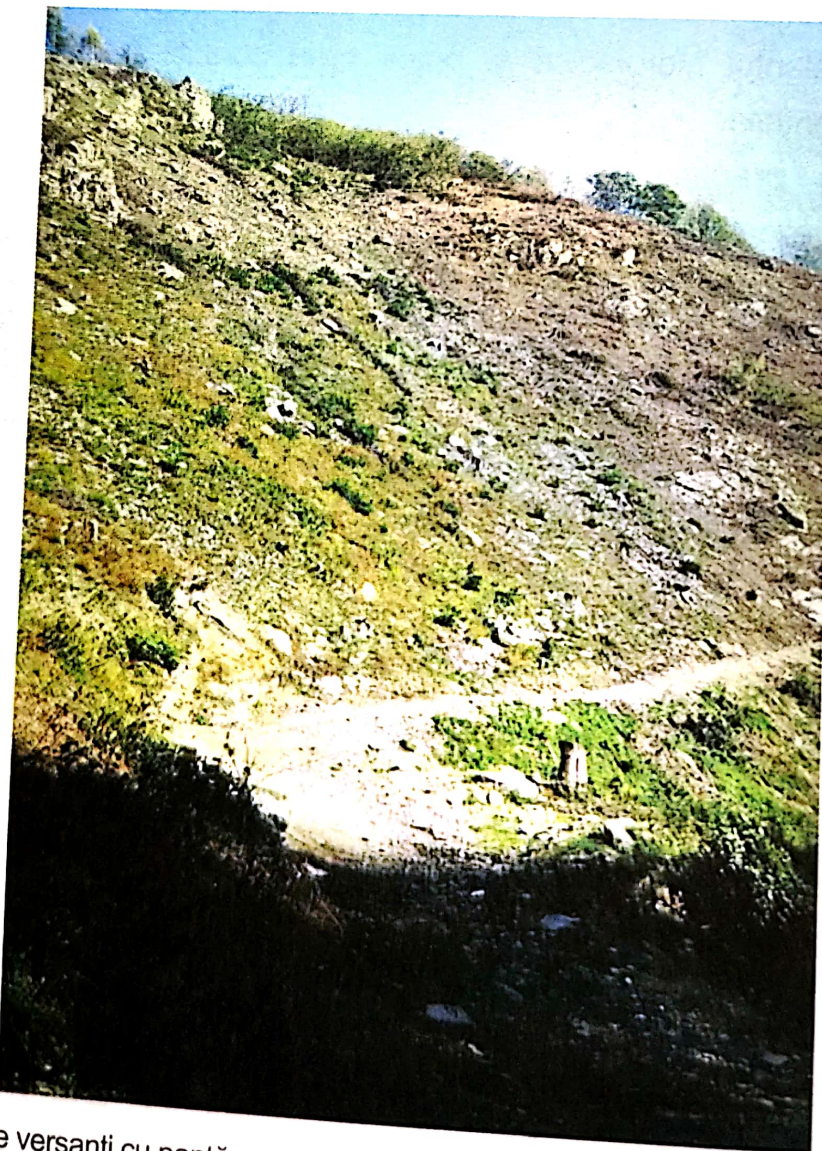
În sfârșit, căile de comunicații terestre (drumurile, căile ferate etc.) deși afectează, de cele mai multe ori, o suprafață redusă din spațiul bazinelor, totuși, printr-o amplasare, execuție și întreținere necorespunzătoare, ele pot amplifica riscul erozional și de alunecare al terenurilor.

Nu numai realitatea românească ci și realitatea europeană și mondială ne demonstrează că *„mozaicul bine amenajat de terenuri cultivate, terenuri înierbate și pădure a produs și produce nu numai unele dintre cele mai atractive peisaje ale lumii, ci și segmentele cele mai robuste hidrologice ale mediului”* (Borelli, 1998).

Nu în ultimul rând, un bazin hidrografic amenajat poate însemna și o unitate efectivă pentru analiza economică. Costurile lucrărilor executate pot fi reconstituite cu suficientă exactitate, iar beneficiile rezultate în urma amenajării bazinelor se pot evalua după metodologii specifice și în condiții de precizie satisfăcătoare, chiar dacă, până la ora actuală, nu s-a reușit ca toate efectele pozitive ale lucrărilor (cu deosebire efectele ecologice și sociale) să fie convertite în expresie financiară.



a



b

Foto 2.1 a, b. Pe versanți cu pantă mare, tăierile rase dereglează puternic regimul scurgerilor superficiale, mai ales dacă și roca este la suprafață (Foto: Clinciu, 1980).

Sunt, deocamdată, unele impedimente în a folosi bazinele hidrografice ca unități de monitorizare a mediului; în primul rând, fiindcă limitele naturale ale acestora nu coincid, decât în puține cazuri, cu limitele unităților administrative, iar, în al doilea rând, pentru că, în anumite cazuri, putem avea de a face cu transferuri interbazinale. Aceasta face ca diferitele părți ale bazinului să intre sub jurisdicții, responsabilități și competențe diferite, ceea ce, pe de o parte, poate îngreuna activitatea propriu-zisă de amenajare (stabilirea soluțiilor, proiectarea și execuția lucrărilor), iar, pe de altă parte, poate motiva (ori justifica) atitudinile, reacțiile și intervențiile întârziate ale autorităților, atât în cazul producerii unor dezastre naturale cât și în cazul declanșării unor activități antropice neraționale.

Iată de ce, în zilele noastre, tot mai mulți specialiști și tot mai multe instituții constată că păstrarea unităților administrative tradiționale s-a transformat într-o frână în calea unei mai bune examinări a incidențelor activității umane asupra mediului. Drept dovadă, Agenția Europeană a Mediului a chemat, începând din anul 1996, la armonizarea datelor de bază despre râuri și bazine, în interiorul țărilor Uniunii Europene. În plus, legislația europeană în materie a încorporat, recent, nevoia de a se adopta bazinele hidrografice ale râurilor ca unități administrative și de a se crea autorități autonome la aceste niveluri, cu mandat în planificarea, aplicarea și monitorizarea tuturor activităților de amenajare.

Deși în unele țări europene s-au înregistrat progrese (Franța și Spania, spre exemplu, procedează în această manieră), iar prin folosirea Sistemului de Informații Geografice (GIS) monitorizarea bazinelor este mult facilitată, rămân, totuși, de rezolvat o serie de probleme în materie de coordonare, mai ales dacă avem în vedere râurile mari, amenajate și intens exploatate, ale căror bazine se extind pe teritoriile mai multor state.

În cazul bazinelor hidrografice mici, torențiale, parțial sau total împădurite, monitorizarea lucrărilor realizate trebuie considerată ca o verigă specială în activitatea generală de monitorizare a mediului. Și aceasta din cel puțin trei motive (Clinciu, 2000):



1. Prealabil aplicării primelor măsuri și lucrări de combatere a proceselor torențiale, bazinele respective au reprezentat segmente dintre cele mai puternic alterate ale mediului. Ca atare, experiența câștigată din activitatea de amenajare anterioară poate și trebuie să reprezinte un suport pentru activitatea de amenajare viitoare.

2. Monitorizarea constituie, ea însăși, o condiție esențială nu numai pentru menținerea permanentă în bună stare a lucrărilor de amenajare, ci și pentru dirijarea interacțiunilor dintre acestea și factorii de mediu.

3. Numai dacă această activitate este continuă, sistematică și bine organizată, deficiențele apărute în perioada de exploatare a lucrărilor pot fi, la timp, identificate, semnalate și remediate.

În sfârșit, dat fiind caracterul tradițional forestier al activității, opinăm că monitorizarea bazinelor hidrografice torențiale din zona de deal și munte (foto 2.2 și foto 2.3) ca subsistem specific de monitorizare a mediului, ar trebui să integreze (și) sfera problemelor de supraveghere forestieră. Pe această cale, monitorizarea din domeniu va câștiga noi valențe și va putea pune la dispoziție date și informații mai cuprinzătoare, care ar putea fi utilizate atât pentru fundamentarea strategiilor de dezvoltare durabilă a pădurilor cu funcții multiple, cât și pentru valorificarea la scară regională, națională și europeană, a prognozelor și sintezelor hidrologice.

Primul pas care ar trebui făcut în aceasta privință este ca, pe baza amenajamentelor existente la nivelul actualelor ocoale silvice și unități de producție, să fie înființate (de către Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor sau de către Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor) bănci de date („forestiere”) la nivel de „bazine”, dându-se prioritate, într-o primă etapă, bazinelor în care se desfășoară activități hidrometrice standard și celor în care se fac înregistrări pluviometrice și pluviografice (bazine reprezentative). Numai așa monitorizarea hidrologică a teritoriului României va putea fi corelată cu monitorizarea forestieră și va putea să aducă, ea însăși, argumente noi în favoarea cunoașterii și recunoașterii capacităților multiple, mediogene și medioprotectoare, ale pădurilor.

a



b



Foto 2.2. Influențele hidrologice ale diferitelor intervenții silviculturale (tăieri de înrijire, tăieri de regenerare etc.) asupra scurgerilor pe versanți și în rețeaua hidrografică pot fi monitorizate la scara bazinului cu ajutorul lucrărilor hidrotehnice transversale special adaptate, echipate cu deversoare dreptunghiulare cu prag subțire (a), precum și cu limnigrafe (b), (Foto: Clinciu, 1980).



a



b

Foto 2.3. Influențele hidrologice ale diferitelor intervenții silviculturale (tăieri de înrijire, tăieri de regenerare etc.) asupra scurgerilor pe versanți și în rețeaua hidrografică pot fi monitorizate, în cazul celor mai mici bazinete forestiere (sub 10 ha), cu ajutorul lucrărilor hidrotehnice transversale special adaptate, echipate cu deversoare triunghiulare cu prag subțire (a), precum și cu limnigrafe (b), (Foto: Clinciu, 1980).

2.3. DE LA CONCEPȚIA CLASICĂ A CORECTĂRII TORENȚILOR LA CONCEPȚIA MODERNĂ A AMENAJĂRII BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

2.3.1. CONȚINUTUL ȘI PARTICULARITĂȚILE AMENAJĂRII BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Dacă până în anul 1970, înțelesul clasic asupra acțiunii de *corectare a torenților*⁵ era dominant atât la noi în țară cât și la scară europeană, după inundațiile catastrofale produse succesiv în acea perioadă, preocupările s-au îndreptat către o acțiune cu implicații mult mai largi, cunoscută astăzi sub denumirea de *amenajarea bazinelor hidrografice torențiale*. Potrivit definiției formulate de cel omagiat în lucrarea de față, această acțiune constă din „*aplicarea, în cuprinsul bazinelor hidrografice mici, torențializate pe diverse căi, a unui ansamblu de măsuri organizatorice și lucrări biologice, biotehnice și hidrotehnice în scopul principal al controlului solului și apei*”. Se subliniază, așadar, caracterul prioritar hidrologic și antierozional al amenajării bazinelor hidrografice torențiale, „*numai bazinele în cuprinsul cărora apele și solurile sunt rațional și permanent controlate – respectiv conservate, dirijate și folosite – având asigurate premisele fundamentale de a deveni echilibrate din punct de vedere hidrologic*” (Munteanu, 1975; Munteanu et al, 1979, 1991).

Față de concepția „clasică” a corectării torenților, care lăsa pe un plan secundar latura preventivă a intervențiilor, *noua concepție de amenajare a adus în prim plan tocmai această latură, îndreptând atenția în primul rând asupra cauzelor fenomenelor de degradare și torențialitate și nu asupra înlăturării consecințelor pe care aceste fenomene le provoacă*.

Schimbarea de optică în registrul preocupărilor a condus, implicit, la o abordare mult mai largă a problemelor, la o extindere a sferei preocupărilor, pe deplin justificate dacă se ține seama de gravitatea, de amploarea și mai ales de urgența problemelor sociale și economice cu care s-au confruntat întinse zone rurale montane din Europa, ca urmare a dereglajului hidrologic declanșat prin defrișări abuzive și prin utilizarea nerațională a terenurilor în pantă. Experiența a demonstrat că asemenea zone nu pot fi redresate și nici menținute la un nivel economic și social suficient de ridicat, pentru ca exodul de populație să fie descurajat, decât dacă se face apel la funcțiile polivalente ale pădurii și dacă sunt aplicate metodele tehnice de amenajare a torenților și, în general, de conservare a solului și apei în bazinele montane, metode care au fost puse la punct de forestieri și cu care aceștia sunt cel mai bine familiarizați.

Dar, „...*în astfel de cazuri limitarea studiilor și proiectelor numai la aspectele hidrologice și hidrotehnice nu poate conduce, oricât de importante ar fi ele, la acțiuni de ansamblu eficiente. ...Fără un studiu multidisciplinar, efectuat cu cel mai atent discernământ, și fără o integrare judicioasă a soluțiilor tehnice în realitățile și tendințele economice și sociale – prezente și*

⁵ Acțiunea de combatere a proceselor torențiale și a consecințelor acestora.

viitoare – nu se poate vorbi de o amenajare viabilă a bazinelor montane, singura capabilă să ofere populației din aceste bazine un standard de viață competitiv cu cel al zonelor rurale mai favorabile" (Munteanu, 1975).

De aici rezultă și cele două particularități importante ale acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, la scara fiecărui bazin în parte această acțiune trebuind să fie, în același timp, *integrală* și *complexă*.

Caracterul unei amenajări de a fi *integrală* urmează să fie înțeles și asigurat din două puncte de vedere (Munteanu, 1976):

- din punct de vedere *spațial*, în sensul ca măsurile și lucrările de amenajare să se aplice la întreaga scară a bazinului, de la cumpăna apelor și până la confluența cu colectorul, atât pe versanți cât și pe rețeaua hidrografică;

- din punct de vedere *tipologic*, în sensul de a fi prevăzute toate măsurile și toate lucrările care apar necesare, în fiecare caz dat, pentru restabilirea echilibrului hidrologic în spațiul bazinului și pentru asigurarea, de pe aceste baze, a unui rațional control al apei și solului.

Cea de a doua particularitate se referă la *complexitatea* acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Ea poate fi înfăptuită prin participarea multidisciplinară și multisectorială atât la elaborarea cât și la aplicarea proiectelor de amenajare, „...măsurile și lucrările prevăzute pentru controlul apei și solului urmând să fie reciproc integrate în cuprinsul bazinului, atât din punct de vedere tehnic (al funcționalității), cât și din punct de vedere spațial (versanți-rețea), astfel încât, toate la un loc, să constituie un ansamblu unitar” (Munteanu, 1976). Cu alte cuvinte, măsurile și lucrările proiectate și aplicate în cuprinsul bazinelor hidrografice torențiale trebuie să fie integrate în realitățile sociale și economice locale, zonale, bazinale și naționale, prezente sau viitoare, și să fie racordate cu planurile generale de dezvoltare a regiunilor în care se încadrează bazinele respective (amenajări hidroenergetice, alimentare cu apă, obiective industriale, așezări omenești, artere de comunicație, amenajări pentru recreație și turism etc.).

Legat de cele două particularități ale amenajării bazinelor torențiale, participanții la deplasările de studii prilejuite de sesiunile Grupului de Lucru, din perioada 1970–1975, au avut prilejul să facă interesante paralele între concepțiile directoare ale activității Grupului și realizările practice, în două situații tipice diferite:

- prima, în Bavaria, caracterizată prin bazine cu pante deosebit de mari, cu diferențe de nivel apreciabile și cu un grad foarte ridicat de torențialitate, marcat de viituri puternice, inundații frecvente și eroziune excesivă pe versanții bazinelor, și

- a doua, în Norvegia, caracterizată prin bazine cu pante relativ domoale, cu talveguri în trepte și cu o torențialitate lipsită de eroziuni excesive, dar marcată, în general, de viituri care se produc cu regularitate datorită topirii zăpezilor sau ghețurilor.

În ambele situații, amenajarea bazinelor hidrografice torențiale s-a caracterizat prin următoarele aspecte principale (Munteanu, 1976):

1. Caracterul *integral* și *complex* (*integrat*) al amenajărilor, bazat pe o exemplară colaborare multidisciplinară, coordonată la nivelul întregului bazin;

2. *Coordonarea* a venit serviciilor forestiere, agricole sau ale apelor, după caz; în general, specialiștii din domeniul hidrologic-hidrotehnic au deținut prioritatea în materie de coordonare, fără însă ca, prin aceasta, să fie minimalizată importanța colaborării celorlalte sectoare economice implicate;

3. Caracterul integral și integrat al măsurilor și lucrărilor de amenajare s-a asigurat pe bază de *proiecte complexe*, transpuse pe machete la scară mare, pe care fiecare lot agricol sau suprafață de pădure apărea vizibil, permițând o ușoară și rapidă urmărire a schimbărilor de folosință și a amplasării diferitelor lucrări de infrastructură tehnică (drumuri publice și forestiere, lucrări hidrotehnice, regularizări de albie etc.);

4. Toate proiectele de amenajare aplicate au presupus în mod obligatoriu o *reconsiderare a folosințelor*, astfel încât fiecărei porțiuni de teren să i se aloce folosința cea mai adecvată, atât din punct de vedere economic cât și din punct de vedere stațional;

5. Zonele mijlocii și inferioare ale bazinelor torențiale s-au amenajat astfel încât, în final, ele să devină apte pentru *activități turistice* (instalare de camping etc.) și de *agrement*;

6. Oriunde debitul pâraielor torențiale a permis folosirea eficientă a *microhidrocentralelor* electrice, acestea din urmă au intrat ca elemente componente ale amenajărilor, contribuind prin barajele de retenție a apei la producerea de curent electric, la regularizarea debitelor, la atenuarea viiturilor etc.;

7. O importanță deosebită a fost acordată conjugării lucrărilor hidrotehnice de corectare a torenților și de regularizare a cursurilor de apă torențiale cu *lucrările de interes salmonicol*;

8. Amenajarea a presupus, de asemenea, rezervări de zone ferite de pericolul viiturilor, inundațiilor și avalanșelor, pentru dezvoltarea reședințelor secundare și a industriei hoteliere pentru *turism*;

9. *Cheltuielile* reclamate de realizarea lucrărilor au fost suportate într-o proporție de 75%–90% de către stat; restul de 10%–25%, după caz, a fost suportat de administrația locală. *A intervenit astfel aspectul psihologic, de educație a populației locale, care, contribuind prin propriile eforturi la realizarea investițiilor, învață să le prețuiască și să le întrețină*;

10. Aproape în toate cazurile, rezultatul final al amenajărilor a condus la *creșterea suprafețelor păduroase*, fiindcă în zonele montane pădurea furnizează lemn, asigură o protecție deosebit de eficace a solului și apelor, sub aspect hidrologic și antipoluant, constituie o atracție pentru turiști etc.

2.3.2. CONTRIBUȚIILE PROFESORULUI STELIAN MUNTEANU LA PROMOVAREA ȘI APLICAREA, ÎN ȚARA NOASTRĂ, A CONCEPȚIEI AMENAJĂRII BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Eforturile susținute depuse de către profesorul Stelian Munteanu pentru a înscrie preocupările din țara noastră pe linia concepțiilor moderne referitoare la amenajarea bazinelor hidrografice torențiale au fost puse în valoare în urma inundațiilor catastrofale din anii 1970 și 1975, evenimente

cu caracter excepțional, care au demonstrat că „atunci când acțiunile noastre asupra componentelor bazinelor hidrografice sunt unilaterale sau nu sunt judicios concepute și aplicate, mecanismul natural al scurgerilor poate fi dereglat în așa măsură încât consecințele negative ale acestui dereglaaj pot afecta interesele vitale ale întregii societăți” (Munteanu, 1976).

Iată de ce, pe baza prevederilor din fostul „Program național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice din România” (Legea 1/1976), s-a trecut la „sistematizarea pe baze moderne și într-o concepție unitară, a întregii rețele hidrografice a țării..., la amenajarea corespunzătoare a fiecărui bazin hidrografic”. Urmare a acestui program, angajarea sectorului silvic în domeniul amenajării torenților s-a amplificat, volumul anual de lucrări crescând de peste 5–6 ori. Pentru fundamentarea științifică și tehnică a acestor sarcini noi a fost inițiat și elaborat un amplu studiu la nivel național (Costin, Gaspar, Apostol, Munteanu, 1975), prin care:

- Au fost examinate aspectele principale privitoare la dereglaajul hidrologic din România și la consecințele acestui dereglaaj asupra fenomenelor de torențialitate și de degradare a terenurilor;

- S-a arătat amploarea acestor fenomene pe teritoriul țării și s-au estimat prejudiciile aduse de ele economiei naționale;

- S-a analizat activitatea desfășurată de silvicultură în domeniul amenajării torenților și s-au trasat coordonatele acestei activități în viitor;

- S-au stabilit măsurile și lucrările de prevenire și combatere a proceselor torențiale în următorii 35 de ani (1976–2010) și s-au prognozat efectele economice ce urmau a rezulta din aplicarea lor.

Din punctul de vedere al evoluției concepțiilor, studiul din anul 1975 a marcat un moment crucial: *părăsirea concepției clasice a corectării torenților și trecerea la concepția modernă a amenajării bazinelor hidrografice torențiale*, așa cum ea se conturase atunci la nivel european.

Odată cu orientarea din ce în ce mai pregnantă a preocupărilor din țara noastră către noua concepție de amenajare, profesorul Stelian Munteanu a devenit un ferm adept și promotor al dezvoltării studiilor și cercetărilor complexe, multi- și interdisciplinare, realizate prin cooperarea specialiștilor din diferite sectoare și de la diferite discipline. A încurajat și a promovat o asemenea orientare deoarece: „*Câmpia și muntele, agricultura, silvicultura și industria, orașele și satele, sunt interdependente pe o serie întreagă de planuri. Tocmai pentru aceasta, hidrotehnicienii, hidrologii, forestierii, agronomii, inginerii de geniu rural, economiștii ș.a. trebuie să lucreze în echipe, în colective, și să aplice principiile amenajării integrale cu soluțiile cele mai adecvate situației locale*” (Munteanu, 1976).

O coincidență fericită la scara timpului a făcut ca această orientare să însemne mai mult decât o simplă opțiune personală. Ea avea să însemne un răspuns concret pentru soluționarea unei cerințe practice, într-o vreme în care experiența europeană în materie încorporase, deja, această orientare. Iată de ce, referindu-se la evoluția preocupărilor Grupului de lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane, profesorul scria în anul 1976: „...dedicat, la înființarea sa în anul 1950, unor preocupări cu specific

tehnic și cu o structură pregnant monodisciplinară, acest Grup s-a transformat, după anul 1970, într-un organism cu preocupări multidisciplinare, pe agenda căruia cele mai ascuțite probleme de hidraulică, de hidrologie și de statica barajelor, se împletesc cu cele mai diverse, mai complexe și mai dificil de conturat aspecte economice și sociale”.

Pentru a susține această nouă orientare, după alegerea și investirea ca președinte al „Grupului de lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane” (1970), profesorul Stelian Munteanu a militat pentru dezvoltarea unor legături cât mai strânse între acest grup și alte grupuri de lucru ale Comisiei Europene a Pădurilor și chiar ale Comisiei Europene Agricole, astfel încât, în acțiunea de amenajare a muntelui, să fie antrenați și specialiști de altă profesiune decât forestierii: agronomi, hidraulicieni, hidrologi, meteorologi, geologi, geomorfologi, pedologi, economiști etc.

În același timp, pentru a înlesni pătrunderea și valorificarea creatoare a concepțiilor europene moderne în materie de amenajare și, totodată, pentru a încuraja interferențele tot mai frecvente și mai accentuate dintre diferite discipline și metode de cercetare, profesorul Stelian Munteanu a avut inițiativa înființării unui *Colectiv mixt pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale*, colectiv care a funcționat pe lângă disciplina de Corectare a torenților de la Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere din Brașov, timp de aproape un deceniu (1973–1982). În acest cadru organizatoric, sub directă coordonare a profesorului Stelian Munteanu și cu concursul nemijlocit al celor mai cunoscuți specialiști din administrația silvică (A. Costin), din cercetare (R. Gaspar, C. Traci, E. Untaru) și proiectare (N. Lazăr, E. Cârcu, B. Alexa, F. Necula, V. Pârău ș.a.), au fost elaborate primele studii de amenajare complexă și integrală a unor bazine hidrografice torențiale de la noi din țară: Doftana Ardeleană–1975; Lotru, versant stâng–1976; Schitu Ceahlău–1976; Agârbiciu–1976; Intravilanul și extravilanul orașului Orșova–1977; Târlungul Superior–1977; Bârsa Superioară–1980; Voinești–1980.

La vremea respectivă, fiecare dintre aceste documentații a marcat un pas înainte atât în promovarea și materializarea concepțiilor noi de amenajare, cât și la dezvoltarea studiilor și cercetărilor multi- și interdisciplinare, într-un domeniu bine conturat al activității științifice. Iată câteva dintre argumentele care susțin această afirmație:

- În faza de elaborare a studiilor și proiectelor de amenajare au fost angrenate toate ramurile economice deținătoare de terenuri în spațiul bazinelor (silvicultura, agricultura, gospodărirea apelor); în câteva dintre cazurile amintite, asupra necesității și oportunității aplicării soluțiilor din proiecte și-au exprimat acordul și organele administrației locale.

- S-a reușit, astfel, o largă participare multidisciplinară (în unele cazuri, chiar interdisciplinară), cu deosebire în faza elaborării studiilor științifice de fundamentare.

- La activitățile de studii și de proiectare au fost atrase numeroase cadre didactice și numeroși studenți de la Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere din Brașov, alături de cei mai cunoscuți specialiști din unități forestiere de cercetare-proiectare, de producție și de execuție.

• În limita fondurilor alocate de către sectorul silvic, s-a promovat o mare diversitate tipologică și constructivă a lucrărilor de pe rețeaua hidrografică torențială, răspunzându-se, astfel, și unor scopuri și obiective didactico-experimentale.

• Amenajările realizate cu acea ocazie, cu deosebire cele de pe Valea Tărlungului, constituie, și astăzi, un important „laborator în natură” destinat activităților didactico-aplicative ale studenților (foto 2.4), culegerii datelor pentru proiectele de an și de diplomă, precum și activităților de cercetare.

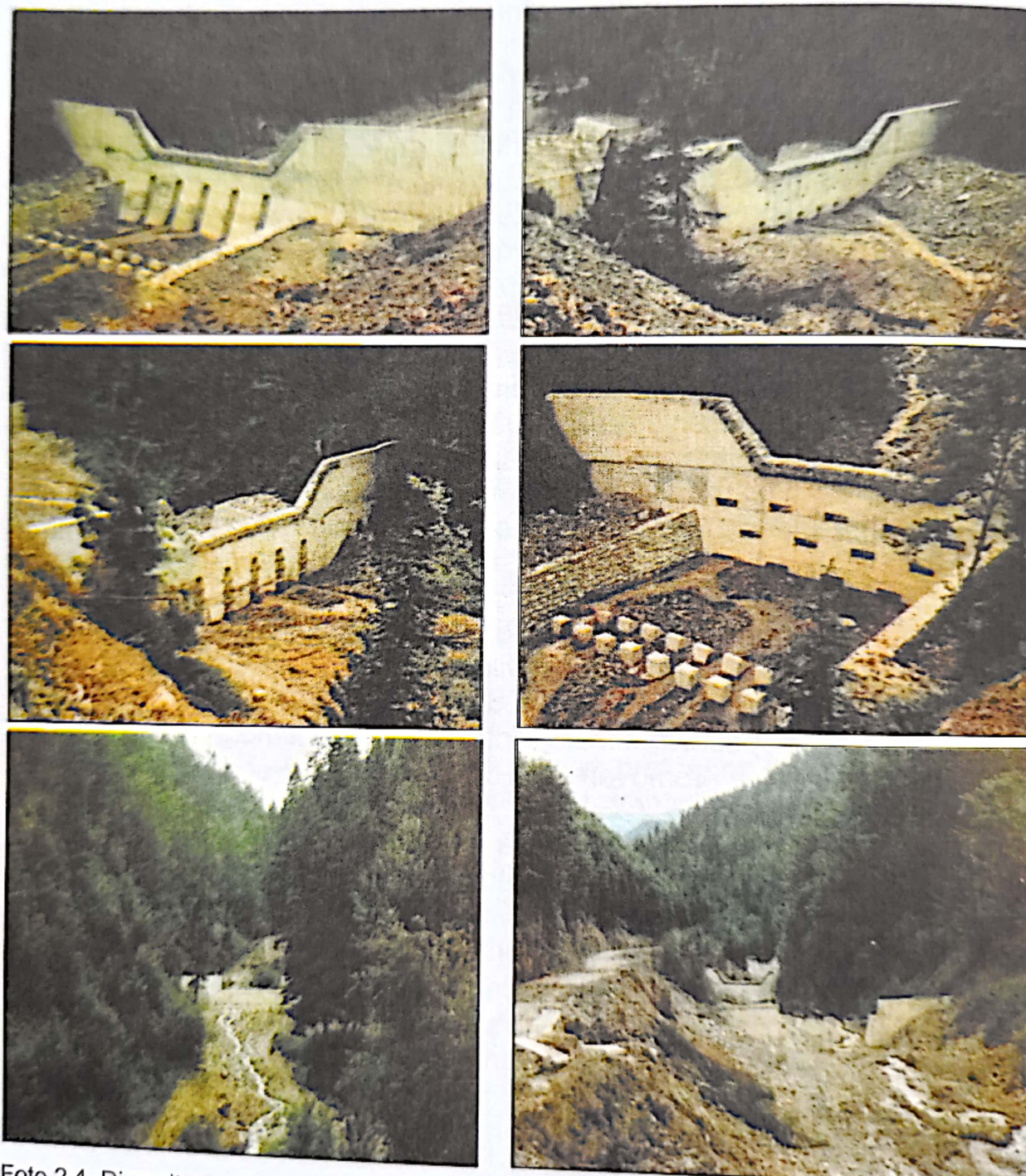


Foto 2.4. Diversitatea tipologică și funcțională a lucrărilor de pe rețeaua torențială amenajată a Văii Tărlungului – cel mai important argument în favoarea laturii didactice a amenajărilor. Între 1973 și 1981, aceste lucrări au fost concepute și proiectate în cadrul Colectivului mixt pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, sub coordonarea științifică a profesorului Stelian Munteanu (Foto: Clinciu, 2003).

2.4. UN NOU CONCEPT LA ÎNCEPUT DE MILENIU: CONCEPTUL „AMENAJĂRII INTEGRATE PARTICIPATIVE”

Trecerea de la amenajarea complexă și integrală, așa cum a fost numită și definită acțiunea pe vremea profesorului Stelian Munteanu, la „*amenajarea integrată participativă*” prin contribuția activă a populației locale, a tuturor actorilor cheie la proiectarea, executarea și monitorizarea lucrărilor, se consideră a fi astăzi cea mai potrivită abordare nu doar pentru gestionarea durabilă a resurselor regenerabile și neregenerabile din ariile montane, ci și pentru cuprinderea nevoilor și problemelor comunității, ca o parte a unei scheme holistice de dezvoltare a amenajării bazinelor hidrografice torențiale, ca o componentă importantă a programelor de dezvoltare și utilizare rațională a resurselor naturale, cu beneficii pentru locuitorii din spațiile altitudinale superioare dar, în egală măsură, și pentru populația de la câmpie (Achouri, 2005; Tennyson, 2005).

Însuși capitolul 13 al Agendei 21 (***, 1992 a), pentru care organizația mondială FAO este responsabilă din partea ONU, accentuează că „*promovarea programelor de amenajare integrată prin participarea populației locale este esențială pentru prevenirea unor viitoare dezechilibre ecologice. O abordare integrată este necesară pentru conservarea și utilizarea resurselor naturale de bază ale solului, apei, plantelor, animalelor și resurselor umane*”.

Deși nu este încă bine definit conceptul teoretic al amenajării „*integrate participative*” și chiar dacă nu există, până la ora actuală, un model universal pentru planificarea și implementarea *participativă* a activităților, iar dificultățile și constrângerile în aplicarea acestora nu sunt deloc puține (numărul mare de folosințe, de deținători etc.), totuși au fost identificate încercări de promovare a conceptului în diferite proiecte de amenajare, prin împuternicirea deținătorilor de terenuri de a planifica și implementa activități corespunzătoare, condiție esențială pentru ca programele de amenajare să dobândească viabilitate și să se bucure de sustenabilitate (Tennyson, 2005).

Pentru angajarea, cooperarea și coordonarea tuturor părților, capacitatea instituțională locală este vitală. Pe această linie, s-au făcut progrese mai ales în ultimul deceniu, inclusiv în Asia și America Latină, unde au fost înființate agenții specializate în domeniu, respectiv unități sau divizii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale (Nepal, Myanmar, Honduras, Filipine etc.), și unde participarea din partea comunității, a deținătorilor de terenuri și a fermierilor, a continuat și după încheierea aplicării proiectelor.

Noi politici și noi mecanisme legislative sunt așteptate pe această temă, inclusiv acțiuni de training și de educație pentru toți actorii cheie, începând cu autoritățile locale și continuând cu fermierii și cu localnicii care sunt atrași în implementarea proiectelor de amenajare.

Primii pași importanți către explicarea conținutului *noului concept de amenajare* s-au făcut la cea de a 21-a Sesiune a Grupului de lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane, sesiune care s-a

desfășurat, în perioada 6–9 octombrie 1998, la Marienbad (Republica Cehă). Au participat delegați și observatori din 12 țări membre ale Comisiei Europene Forestiere–CEF (Austria, Cehia, Elveția, Franța, Germania, Italia, Letonia, Norvegia, Polonia, România, Spania și Regatul Unit al Marii Britanii), precum și observatori reprezentând 6 țări nemembre ale CEF (Japonia, Maroc, Nepal, Peru, Federația Rusă și Venezuela). Au mai fost prezenți delegați ai Uniunii Internaționale a Institutelor de Cercetări Forestiere–IUFRO, precum și reprezentanți ai Universității Națiunilor Unite din Tokio (Japonia).

Fiindcă sesiunea a avut temă principală „*Amenajarea integrată a bazinelor hidrografice*” (*Gestion intégrée des bassins versants; Integrated watersheds management*) – problemă care se află, după cum se știe, în raporturi tradiționale de reciprocitate și de intercondiționare cu silvicultura –, primul autor al lucrării de față (participant la sesiune) a încercat să deceleze în ce direcții se îndreaptă preocupările și acțiunile din acest domeniu, în perspectiva primilor ani ai mileniului al treilea. Pentru aceasta, am avut la dispoziție documentele oficiale elaborate de experți ai Organizației Mondiale pentru Alimentație și Agricultură–FAO (Borelli, 1998; Haigh, 1998), care a servit ca bază de discuție în cadrul lucrărilor sesiunii; de asemenea, am ținut seama de opiniile și de punctele de vedere care au fost exprimate în timpul dezbaterilor, inclusiv de către reprezentanții oficiali ai Diviziei de Resurse Forestiere din cadrul Departamentului Pădurilor (FAO–Roma).

Pentru a se crea cadrul dezbaterii și internaționalizării importanței acestor probleme, specialiștii invitați la lucrările sesiunii au acoperit o gamă foarte largă de profesii: forestieri, agronomi, ecologi, geografi, climatologi, hidrologi, hidrotehnicieni, ingineri de geniu civil, manageri în domeniul protecției mediului ș.a. Unii dintre aceștia au reprezentat organisme guvernamentale/nonguvernamentale din țările membre sau nemembre ale CEF, iar alții au fost delegați din partea unor instituții, asociații profesionale, agenții sau forumuri naționale ori internaționale, profilate pe diferite aspecte privind protecția, ingineria și managementul mediului.

Deși lungi și contradictorii, discuțiile purtate pe marginea temei principale a sesiunii s-au soldat, totuși, cu consensul că *cheia succesului în amenajarea bazinelor hidrografice din zonele de munte se află în mâna celor care dețin și/sau exploatează terenurile, condiția fiind ca și comunitățile locale să fie atrase, antrenate și implicate în această acțiune*. Prin procesul de „*participare locală*”, colectivitățile umane care trăiesc și muncesc în bazinele de recepție ale văilor montane (dar și în spațiile altitudinale imediat inferioare) se organizează ele însele și sunt capabile, prin propriile lor autorități și instituții, să-și identifice nevoile și prioritățile și să contribuie (inclusiv financiar) la proiectarea, aplicarea și monitorizarea lucrărilor și activităților care sunt necesare pentru redresarea hidrologică și, implicit, ecologică, a acestor zone.

Susținerea financiară a investițiilor nu numai de către stat ci și de către administrațiile locale are, pe lângă o motivație socio-economică, și o determinare psihologică, de educație a populației locale, care, contribuind

prin propriile ei eforturi la realizarea amenajărilor învăț, deopotrivă, să le prețuiască și să le întrețină.

Dar, participarea individuală și cea locală – deși esențiale – nu pot singure garanta succesul amenajărilor. Pot exista interese actuale sau se pot identifica interese potențiale care să fie antagonice. Trebuie create, de aceea, mecanisme și instrumente specifice pentru conectarea și armonizarea diferitelor obiective, trebuie să fie luate în analiză interesele tuturor sectoarelor economice și ale tuturor deținătorilor și utilizatorilor de terenuri, astfel încât, în perspectiva amenajării bazinului, soluțiile tehnice să asigure un raport cât mai convenabil între opțiunea dezvoltării durabile, pe de o parte, și gradul de acceptabilitate socială a lucrărilor de amenajare, pe de altă parte.

Odată depășită această fază, realizarea obiectivelor amenajării „integrate” este dependentă, în cea mai mare măsură, de politica de cooperare a celor care dețin și/sau exploatează terenurile din spațiul bazinelor. Abordarea tradițională – bazată pe schema din figura 2.3 – nu mai este însă eficace în atingerea scopurilor integrării deoarece, lipsind liantul „interdisciplinarității”, cele mai multe dintre activitățile de amenajare se pun în practică în viziunea guvernului, fără ca necesitățile comunităților locale să fie luate în considerare.

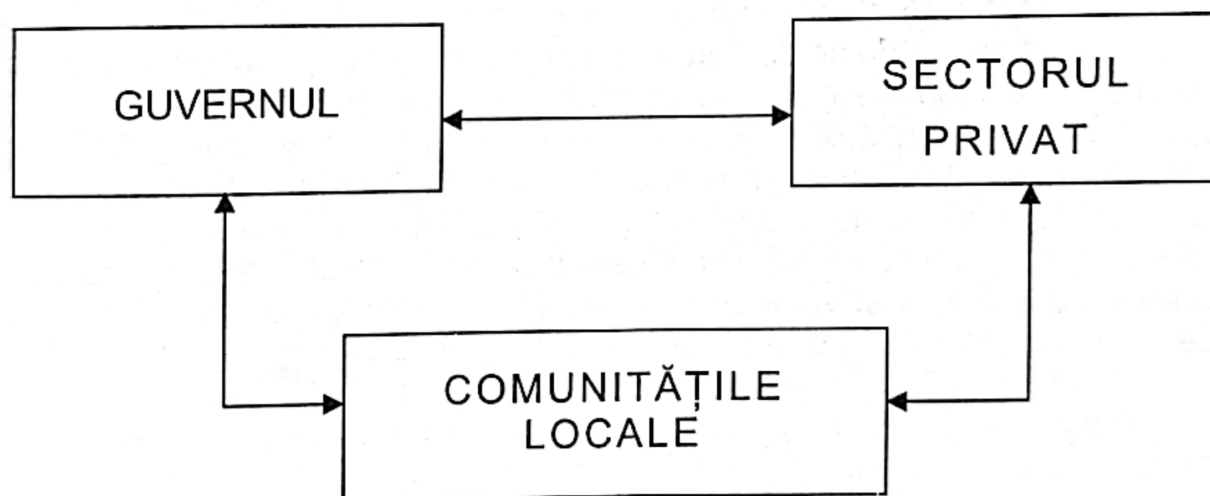


Fig. 2.3. Modelul clasic în abordarea amenajării integrate a bazinelor hidrografice montane (Borelli, 1998).

De aceea, participanții la sesiune și-au însușit punctul de vedere avansat de oficialii FAO, acela că pentru a se realiza o integrare efectivă a tuturor intereselor, noul model de abordare (fig. 2.4) trebuie să fie construit din perspectiva conștientizării de către populație a necesității integrării soluțiilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale în realitățile economice, ecologice și sociale, la nivel local, zonal și național (unde este cazul, și euroregional).

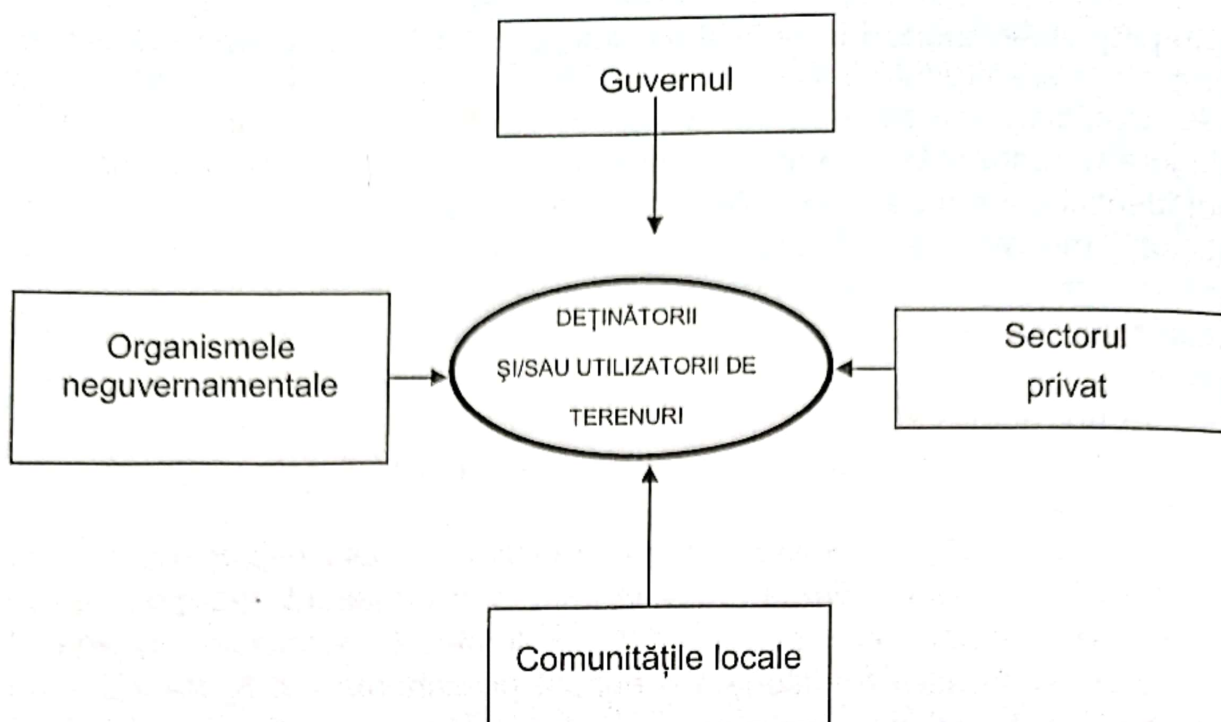


Fig. 2.4. Modelul modern în abordarea amenajării integrate participative a bazinelor hidrografice torențiale (Borelli, 1998).

Dat fiind că, de această dată, amenajarea „integrată” a unui bazin montan este privită ca rezultat al unui efort cooperativ global, rolul cheie este atribuit utilizatorilor de terenuri din bazin și se pune un mai mare accent pe colaborarea și conlucrarea dintre acești utilizatori și ceilalți parteneri (comunitățile locale, organismele guvernamentale și nonguvernamentale, agenții economici privați), încă din faza elaborării studiilor care fundamentează soluțiile de amenajare. Printre abordările (obiectivele) tipice se numără cele care privesc: cantitatea și calitatea apei, quantumul eroziunii și volumul aluviunilor transportate de viituri, producția de biomasă obținută în urma împăduririi sau înierbării terenurilor din bazin, potențialul turistic și recreațional pus în valoare etc.

Întrucât problemele și obiectivele care nu sunt compatibile vor trebui excluse, participarea publică este esențială în această fază și ea va trebui încurajată pe orice cale. Numai așa se poate ajunge la armonizarea tuturor intereselor, numai astfel pot fi just evaluate costurile și beneficiile fiecărei alternative de amenajare și doar printr-o asemenea manieră de abordare, soluțiile adoptate vor dobândi viabilitate și vor contribui la minimizarea impactelor adverse asupra bazinului (viiturile torențiale, poluarea apei, sedimentarea aluviunilor etc.) și respectiv la maximizarea beneficiilor totale ale societății.

Pe de altă parte, pentru ca amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale să câștige pe zi ce trece un surplus de importanță se cuvine ca valorile nonmonetare (în general) și cele ecologice și sociale (în special) să fie tratate din ce în ce mai atent. Prin conștientizarea acestor valori, populația locală și societatea civilă, în general, vor înțelege mai ușor

de ce lucrările pentru amenajarea unui bazin torențial trebuie să fie rezultatul unui efort cooperativ global, de ce este necesară aplicarea acestor lucrări în spațiul întregului bazin (atât pe versanți cât și în rețeaua hidrografică, de la cumpăna apelor și până la confluența cu pâraul colector) și de ce acțiunea la care ne referim, în ansamblul ei, trebuie să fie pusă în slujba dezvoltării durabile din punctul de vedere ambiental.

Totodată, pentru ca programul de amenajare să devină unul dinamic în timp, este la fel de important ca *monitorizarea lucrărilor* să fie considerată ca o parte *integrantă a procesului luării deciziilor, al planificării acțiunilor în viitor*. Iată de ce, s-a accentuat asupra necesității angajării și creșterii responsabilității guvernelor locale, a tuturor utilizatorilor de resurse naturale, a agențiilor și grupurilor de mediu etc., astfel încât, împreună cu deținătorii de terenuri și cu comunitățile locale, acestea să participe la alegerea celor mai adecvate alternative de amenajare și să contribuie la susținerea financiară, la implementarea și la monitorizarea măsurilor și lucrărilor adoptate.

Cele mai eficace și cu cel mai înalt grad de viabilitate s-au dovedit a fi practicile de amenajare în care valorile moderne, ecologice și sociale, sunt conectate la efectele tehnice și economice tradiționale. Informația disponibilă din acest punct de vedere este, în mod paradoxal, destul de săracă, deși multe țări europene (printre care și România) au acumulat o bogată experiență în ceea ce privește amenajarea bazinelor torențiale mici, din zona de munte. De aceea, unii dintre specialiștii prezenți la sesiune au sugerat ca, printre obiectivele de perspectivă imediată, să se afle și producerea, câștigarea și difuzarea acestui tip de informație, atât în timpul sesiunilor ordinare ale Grupului, cât și în intervalul dintre două sesiuni succesive. Pentru aceasta, s-a recomandat să fie avute în vedere: pregătirea și discutarea unor studii de caz, vizite reciproce și schimburi de experiență, traducerea materialelor existente în limbi europene de largă circulație, activarea circulației informației prin intermediul poștei electronice și al internetului etc.

În sfârșit, fiindcă există (încă) o percepție diferită asupra conținutului unor termeni utilizați în comunicarea științifică și întrucât acești termeni aparțin unor domenii profesionale diferite, altă acțiune practică care se impune este elaborarea unui dicționar de termeni cheie în amenajarea integrată a bazinelor hidrografice din zona de munte.

Perspectivile care se deschid pentru o astfel de amenajare – așa cum au fost ele conturate și prezentate mai înainte – nu sunt doar idei direcționate de elemente sau opțiuni strategice; ele sunt prefigurate și de realizări practice concrete, care se înscriu deja în această evoluție. Într-adevăr, nu puțini dintre reprezentanții țărilor participante la sesiune au venit cu exemple edificatoare, care atestă progresele înregistrate în ultimul deceniu, atât de către țările membre ale Comisiei Europene Forestiere, cât și de către țări care nu fac parte din această organizație, dar al căror interes pentru dezvoltarea montană durabilă (cu deosebire în spațiul bazinelor hidrografice) se află într-o continuă ascensiune. Sintetizăm, mai jos, numai câteva dintre exemplele care ne-au reținut atenția și care

demonstrează în ce mod și în ce măsură s-a pus accentul pe componenta socială a amenajărilor; astfel :

- Prin Centrul Internațional pentru Dezvoltarea Montană Integrată (înființat în anul 1980) s-a elaborat și este în curs de aplicare un interesant proiect realizat cu participare internațională, care urmărește o mai bună înțelegere a corelației dintre dinamica populațiilor din bazinele hidrografice montane, pe de o parte, și dinamica proceselor și cauzelor degradării resurselor naturale din aceste zone, pe de altă parte; proiectul menționat a luat în considerare opt țări din Hindu-Kush, regiunea Himalaia: Afganistan, Bangladesh, Bhutan, China, India, Myanmar, Nepal și Pakistan.

- Concentrându-se pe îmbinarea dintre sistemele silvice și cele agrosilvice, autoritățile peruane în domeniul amenajării bazinelor au putut atrage și cointeresa participarea populației locale la realizarea lucrărilor din acest domeniu.

- Experiența venezueleană în materie s-a dezvoltat prin eforturile de instituționalizare a unei autorități autonome în domeniul amenajării bazinelor hidrografice montane, prin cooperarea interinstituțională, prin inventarierea a 450 de bazine „cheie” la scară națională și prin cooperarea internațională și transfrontalieră, în special cu țara vecină Columbia.

- Foarte interesantă și deosebit de convingătoare a fost videoprezentarea realizată de reprezentantul Marocului. Imaginile arătate au dovedit cum se poate câștiga încrederea populației din zona de munte și cum comunitățile locale pot fi antrenate la materializarea amenajărilor, dacă se promovează parteneriatul cu guvernul, cu organizațiile nonguvernamentale, cu autoritățile locale. Totodată, s-a subliniat că, nu de puține ori, au existat antagonisme între interesul internațional și interesul local, în promovarea și derularea acțiunilor de amenajare.

Patru ani mai târziu, Sesiunea Europeană Regională de la Megève-Franța (despre care s-a vorbit la § 2.1) făcând un bilanț comparativ al subiectelor majore și constrângerilor, la nivelul anilor 1986 și respectiv 2002, evidențiază că preocupările și progresele realizate la început de mileniu se înscriu pe linia amenajării integrate participative. Iată și câteva argumente (Tennyson, 2005):

- amenajarea bazinelor hidrografice torențiale a devenit o parte integrantă a strategiilor de dezvoltare în numeroase țări;
- de teme sociale și culturale se ține seama în elaborarea proiectelor și în planificarea activităților de amenajare;
- tema conservării resurselor naturale din cuprinsul bazinelor hidrografice se studiază în școli elementare și secundare din întreaga lume;
- se pune accentul pe trainingul lucrătorilor în domeniu;
- campaniile de conștientizare publică au devenit parte a procesului de educație ambientală;
- organizațiile nonguvernamentale sunt atrase și implicate în toate aspectele de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale;

- populația rurală a câștigat drepturi de posesie, de utilizare și de recoltă asupra terenurilor angajate în acțiunea de amenajare;
- plata locuitorilor de la altitudine pentru serviciile ambientale oferite celor de la câmpie a început să fie luată în considerare.

După opinia aceluiași autor, așteptările imediate se referă la:

- o mai bună definire a scopurilor activităților de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale;
- începerea monitorizării bazinelor hidrografice torențiale înainte și nu doar după aplicarea proiectelor de amenajare;
- o mai bună înțelegere a relațiilor dintre beneficiile tehnice și sociale ale amenajării bazinelor hidrografice torențiale;
- o mai clară definire a procesului participativ în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, cu angajarea tuturor deținătorilor;
- noi abordări legislative, instituționale și organizaționale, care să încurajeze angajarea populației locale în planificarea și implementarea activităților de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale.

2.5. MANAGEMENTUL FOLOSINTELOR – MIJLOC DE PROTECȚIE A TERENULUI, CONCEPT DE BAZĂ ÎN AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Alegerea celor mai adecvate folosințe și prescrierea celor mai indicate schimbări de folosințe s-au situat și continuă să se situeze, din punctul de vedere al importanței, printre primele măsuri vizate și prevăzute în studiile și proiectele de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Astfel de măsuri nu constituie, la urma urmei, o noutate, întrucât în studiul său devenit clasic „*Essais sur le théorie des torrents et des rivières*”, Jules Fabres arăta, cu mai bine de două secole în urmă, cât de strânsă este legătura dintre practicile folosirii terenurilor din cuprinsul bazinelor hidrografice, pe de o parte, și reacția hidrologică a acestor unități naturale, pe de altă parte.

Privitor la această problemă, încă din anul 1960 când s-au cristalizat primele concepții despre prevenirea și combaterea proceselor torențiale, profesorul Stelian Munteanu scria următoarele: „*în cuprinsul unui bazin torențial, între organizarea antierozională a teritoriului și organizarea hidrologică a bazinului nu există antagonism, ci există un raport de completare și anume organizarea antierozională a teritoriului se face în limitele indicate de organizarea hidrologică a bazinului. Aceasta înseamnă că dintre toate folosințele posibile (în condițiile staționale date) și echivalente din punct de vedere hidrologic, trebuie alese cele mai productive*”.

În actualul context al schimbărilor climatice, Institutul pentru Mediu și Dezvoltare Durabilă al Uniunii Europene dezvoltă proiecte de cercetare menite să furnizeze noi fundamente științifice pe această linie și să încurajeze cele mai bune practici de amenajare. În cadrul tuturor proiectelor inițiate, alegerea celor mai adecvate folosințe pentru protecția împotriva viiturilor și prevenirea alunecărilor de terenuri, precum și schimbările de folosințe la scara bazinului,

sunt tratate ca subiecte ambientale și sunt luate în considerare ca instrumente strategice atât în amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale cât și în politicile de planificare (Valentinelli, 2005).

Rolul crucial pe care calitatea cuverturii vegetale îl joacă în abordarea preventivă, mai ales pe termen lung, a amenajărilor, este dublat astăzi de creșterea gradului de conștientizare asupra performanțelor ridicate pe care pădurile naturale, amestecate și multietajate, le realizează pentru protecția solului și controlul scurgerii de suprafață (Giurgiu, 1978, 1982, 2005, 2006; Göttle, Séne, 1997; Pierzgalinski *et al.*, 2005; Florescu, Damian, 1982). Pe această temă, sunt în derulare proiecte recente, concretizate prin cazuri de studiu în unele țări europene, ca de exemplu Italia, unde a fost pus la punct un model de simulare (Top Kapi) care simulează procesul de transformare ploaie-scurgere și care, printr-o rețea de celule, modelează la scară procesele hidrologice, permițând înțelegerea detaliată a influenței schimbărilor de covor vegetal asupra scurgerii și eroziunii, în cadrul unor scenarii alternative de folosire a terenului (Valentinelli, 2005).

Pentru condițiile țării noastre, progresele înregistrate în caracterizarea și clasificarea hidrologică a principalelor categorii de terenuri (Apostol, 1972; Lazăr, Clinciu, 1987; Gaspar, 2000, 2003, 2004; Gaspar *et al.*, 1972, 1995; Miță, 1979, 1980, 1996; Miță *et al.*, 2004) sunt în măsură să ofere suficiente repere pentru ca managementul folosințelor din cuprinsul bazinelor hidrografice torențiale să țină seama de protecția hidrologică și antierozională a terenurilor și să furnizeze soluții alternative pentru tot mai complexe și mai scumpele măsuri structurale de restaurare. Astfel:

- folosința *teren nud, neproductiv*: amplifică scurgerea de suprafață, care poate înregistra valori de la 70% și până aproape de 100%, atât datorită retenției superficiale cu totul neglijabile (sub 1 mm) cât și datorită potențialului de acumulare a apei în sol, foarte redus;

- folosința *teren arabil*: nu protejează solul contra pluviudenudației, capacitatea de retenție superficială este mică, nedepășind 2–3 mm, iar coeficientul de scurgere (în condiții standard) poate varia de la 0,4–0,6 pentru solurile nisipolutoase până la 0,7–0,8 pentru solurile argilolutoase;

- folosința *fâneată*: dispune de un potențial hidrologic echivalent cu cel al pădurii de calitate mijlocie, dar numai dacă nu este pășunată după cosire; capacitatea maximă de retenție depășește rareori 3–4 mm iar coeficientul de scurgere (în condiții standard) poate varia de la circa 0,2 pentru solurile nisipolutoase până la aproape 0,7 pentru solurile argilolutoase.

- folosința *pășune*: în funcție de modul de exploatare (prin rotație sau continuu), de densitatea vegetației, de gradul de compactare și de eroziune a solului, de intensitatea pășunatului etc., poate prezenta o capacitate maximă de retenție de ordinul a 2–4 mm și un coeficient de scurgere (în condiții standard) ce poate varia de la 0,3–0,4 până la 0,7–0,9 în funcție de textura solului.

- folosința *pădure* (complexul „sol-vegetație”): se întâlnește într-o gamă largă de variante, diferențiate prin speciile forestiere și structura

arboretelor, prin proprietățile solului, prin tehnologiile de exploatare și refacere etc. În funcție de potențialul lor hidrologic, arboretele pot fi grupate în șase categorii (excelente, foarte bune, bune, mediocre, rele și foarte rele) folosind un indicator (G) care ține seama de vârsta, consistența și clasa de producție a arboretului, precum și de gradul de eroziune a solului (Gaspar, 2006). Capacitatea maximă de retenție variază de la 5 la 13 mm, iar coeficientul de scurgere (în condiții standard) de la 0,10–0,25 (în cazul solurilor cu textură nisipolutoasă) la 0,6–0,7 (în cazul solurilor cu textură argilolutoasă).

2.6. PROTECȚIA ȘI CONSERVAREA PĂDURILOR MONTANE – STRATEGIE DE BAZĂ ÎN AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

„Pădurile montane înseamnă mai mult decât pădurile din cuprinsul munților”
Pier Carlo Zingari–director, EOMF

Deși sunt tot mai clare *„schimbările de metode de la hidrologie și construcții civile către ecologie și silvicultură”*, totuși se recunoaște că aceasta din urmă nu poate face, singură, tot ceea ce este necesar pentru o bună reușită în amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale. Pentru conservarea solului, controlul eroziunii și reducerea altor riscuri naturale, asigurarea calității apei și a aprovizionării, combaterea deșertificării etc., este necesară participarea multor altor sectoare de activitate: gospodărirea apelor, agricultura, zootehnia, pescuitul, transporturile etc.

Pe de altă parte, pădurile pot asigura beneficii multiple numai dacă sunt bine amenajate. Stabilitatea și funcțiile de protecție cer amenajare, o amenajare local-adaptată, care să răspundă cerințelor pentru restabilirea echilibrului hidrologic și vegetal tulburat prin torențializare (Carcea, Seceleanu, 2004).

Pădurile și silvicultura pot contribui eficient nu numai la buna stare ecologică a apelor ci și la protecția generală a mediului, iar ecohidrologia reprezintă cea mai bună cale pentru a lega amenajarea bazinelor hidrografice de ecologie (Wang et al., 2006; ***, 2006 b).

Cu prilejul Anului Internațional al Muntelui (2002) s-a evidențiat că bazinele montane din Europa dețin un loc geografic relevant, că populației de la munte îi revine un rol strategic și că economia montană este neuniform răspândită și inegal dezvoltată. În întreaga arie a Uniunii Europene (înainte de aderarea ultimelor 12 state), pădurile acopereau un procent de 36%, în timp ce pădurile montane reprezentau 27% (circa 28,1 milioane hectare). Dar pentru că, din punctul de vedere hidrologic, influența ariilor montane se răsfrânge asupra unor teritorii mult mai largi, se apreciază că ecosistemele forestiere afectează balanța apei pentru mai mult de jumătate din terenurile Europei (Zingari, 2005, 2006).

Iată de ce, în contextul fragilității ambientale și socio-economice a acestor terenuri, Uniunea Europeană promovează politici de armonizare a „actorilor” la toate nivelurile, una dintre țintele cele mai importante fiind „menținerea și

ameliorarea stabilității ecologice a pădurilor, mai ales acolo unde rolul protectiv al acestora este de interes public și unde costurile întemeierii, menținerii și ameliorării pădurilor depășesc veniturile din silvicultură” (CE, 1999).

Printre strategiile europene referitoare la această problemă se numără așa numitul *proces ministerial* început la Strasbourg în 1990 și continuat de EOMF (European Observatory Mountain Forest), după anul 1996. Între cele două momente s-a interpus Conferința de la Rio (Summitul asupra pământului), care, prin rezoluția S4 intitulată „*Adaptarea amenajării bazinelor montane la noile condiții de mediu*” (semnată de 25 de țări și de Uniunea Europeană), a internaționalizat gradul de interes asupra pădurilor montane, identificându-le pe acestea ca subiect crucial în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, datorită rolului decisiv jucat de ele în funcționarea ciclului hidrologic și în lupta împotriva hazardelor naturale.

Conferințele ministeriale asupra Protecției Pădurilor din Europa (Strasbourg, 1990; Helsinki, 1993; Lisabona, 1998; Viena, 2003) sunt apreciate și astăzi ca fiind de cea mai mare importanță pentru cooperarea a mai mult de 40 de țări și 30 de organizații nonguvernamentale, asupra aspectelor cheie ale protecției pădurilor din Europa. Cartea albă asupra pădurilor montane întocmită de Comisia Europeană a evaluat situația și a propus câteva acțiuni principale, printre care și promovarea unor proiecte pe termen lung, cu implicarea tuturor „actorilor” interesați în dezvoltarea durabilă și cu suportarea de către aceștia a costurilor stabilite în proiectele de amenajare.

În ultimul deceniu, multe dintre problemele de strategie referitoare la pădurile montane și la conexiunea dintre acestea și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale au fost dezvoltate de EOMF la inițiativa Federației Europene a Comunităților Locale (FECOF) și a guvernului Franței. Activitățile EOMF au fost centrate pe următoarele trei direcții (Zingari, 2005, 2006):

- Elaborarea de politici în spiritul rezoluției S4 și organizarea de întâlniri științifice și schimburi de experiențe pe această temă, împreună cu guvernele țărilor membre și cu Uniunea Europeană, cu comunitățile forestiere locale și cu toți ceilalți participanți la amenajarea bazinelor hidrografice torențiale;

- Urmărirea la nivel local, național, european și internațional, a inițiativelor care sunt relevante pentru toți actorii interesați de amenajarea bazinelor hidrografice torențiale;

- Propunerea instrumentelor, măsurilor și instrucțiunilor, care promovează cea mai bună capacitate de construcție și de sustenabilitate a resurselor naturale și umane.

Privitor la amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, există o bună cooperare între EOMF și Grupul de lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane, printre rezultatele acestei cooperări numărându-se cele două sesiuni europene regionale, care au avut ca scop pregătirea viitoarei generații de programe în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale;

- *European Regional Workshop* (Megève–Franța, 2002),
- *European Regional Workshop* (Sardinia–Italia, 2003).

O atenție deosebită a fost acordată de EOMF și în ceea ce privește definirea și construcția raporturilor dintre dezvoltarea rurală, pe de o parte, și amenajarea bazinelor hidrografice și silvicultură, pe de altă parte. O sesiune specială pe această temă a fost organizată în anul 2002 în Scoția, împreună cu Comisia Forestieră Europeană și organizația Euromontana.

Printr-o formulare atât de sugestivă a sintagmei „*pădurile montane înseamnă mai mult decât pădurile din cuprinsul munților*”, Pier Carlo Zingari–directorul EOMF a ținut să sublinieze cât de importante sunt pădurile din această zonă altitudinală pentru protecția ambientală generală, pentru succesul întregii activități de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, începând de la munte și până la câmpie.

Pe de altă parte, pornind de la adevărul potrivit căruia rolul hidrologic al pădurilor din zona de munte este de importanță fundamentală pentru abordarea preventivă a amenajărilor, nu trebuie să se înțeleagă că aceste ecosisteme pot constitui un panaceu universal pentru oricare situație. Probabilitatea de producere a viiturilor se schimbă odată cu folosințele, dar, dacă este vorba despre ploi torențiale excepționale, influența folosințelor aproape că-și pierde din semnificație (Jong, 2005). Unde precipitațiile extreme se produc în timpul unor ploi singulare, cu 40 ... 80 mm strat de precipitații în 24 de ore, acolo viiturile se vor dezvolta independent de natura vegetației.

De aceea, pentru evaluarea de hazard a *inundațiilor extreme*, problema dacă este sau nu este împădurit bazinul hidrografic nu este așa de importantă, iar *opinia că pădurea ar acționa ca o barieră sigură și împotriva unor astfel de evenimente este, practic vorbind, un mit* (Jong, 2005). Pădurea poate atenua efectele evenimentelor extreme în timpul acumulării primilor 15 mm ai ploii efective (în afara interceptiei), dar, pentru ploi care depășesc cuantumul de 80 de mm, scurgerea de suprafață este dominantă iar sedimentele acumulate de pe suprafața terenului sunt rapid transportate în rețeaua hidrografică. Cu alte cuvinte, capacitatea pădurii ca și capcană de aluviuni este limitată, lucru adevărat și pentru scurgerea flotanților.

În concluzie, pentru o amenajare eficientă a bazinelor hidrografice torențiale, *pădurile din zona de munte sunt necesare, dar nu exclusive și nici suficiente* (Zingari, 2005, 2006). Sub o altă formă, această idee era exprimată (și) de profesorul Stelian Munteanu, cu peste 30 de ani în urmă, atunci când se referea la raportul optim de îmbinare dintre lucrările de restaurare a vegetației și lucrările hidrotehnice: „*Acțiunea de corectare a torenților folosește pentru atingerea scopurilor urmărite două categorii de lucrări: de refacere a vegetației și hidrotehnice. Pentru regularizarea regimului hidrologic în cadrul acestei acțiuni de corectare, rolul determinant revine lucrărilor de refacere a vegetației a cărei natură, structură și repartizare spațială se stabilesc în conformitate cu necesitățile organizării hidrologice ... De aici nu trebuie să se tragă concluzia că pădurea urmează să fie introdusă pe orice terenuri și cu orice preț nesocotind interesele*



agriculturii. Acest lucru nu este nici necesar și nici în concordanță cu interesele generale ale economiei naționale”.

Nu numai mesajul științific ci și mesajul omagial al lucrării de față ne îndeamnă, și chiar ne obligă, să stăruim și mai mult asupra acestei probleme, profesorul Stelian Munteanu dovedindu-se un partizan convins al rolului hidrologic și antierozional al pădurilor, un promotor consecvent al primordialității lucrărilor biologice și biotehnice în cadrul acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale (Clinciu *et al.*, 1998).

Datorită prestigiului și prestanței de care s-a bucurat în cercul larg al silvicultorilor, a influențat benefic nu numai politica dusă în activitatea de amenajare a torenților, ci și politica forestieră și politica privind refacerea, protecția și conservarea mediului. Însăși activitatea de amenajare a torenților – căreia i s-a dedicat în totalitate și care s-a soldat cu urmări evident pozitive pentru silvicultură – a fost concepută și dezvoltată de profesor ca o activitate inginerască indisolubil legată de valențele hidrologice și antierozionale ale pădurii.

Sesizând cu o fină intuiție atât importanța cât și transgresiunile acestei probleme, profesorul Stelian Munteanu a introdus și statornicit principiul primordialității lucrărilor biologice și biotehnice asupra celor hidrotehnice, anticipând, cu multe decenii în urmă, ideea, astăzi atât de modernă, a realizării unui echilibru între funcțiunile atribuite pădurii, printr-o îmbinare cât mai justă a avantajelor economice cu cele sociale, proprii mediului înconjurător.

Dacă ne întoarcem pe scara timpului, vom regăsi primii germeni ai acestei noi concepții în „Îndrumările tehnice în silvicultură”, apărute în anul 1949, unde, împreună cu colaboratorul său apropiat, Alexandru Apostol, a formulat cunoscutele „principii de ameliorare”, explicând și premisele avute în vedere. Iată câteva dintre acestea, în forma și stilul folosite, atunci, de autorii îndrumărilor:

– „Acțiunea de bază este refacerea vegetației ..., toate celelalte lucrări se fac cu scopul principal de a ajuta la formarea acestei armături vii a terenului ...”

– „În bazinul de recepție, lucrările pentru oprirea eroziunii se identifică cu cele de refacere a solului, adică cu lucrările de restabilire a vegetației, sprijinite cu lucrări de consolidare...”

– „Întrucât în bazinul de recepție este originea manifestării degradărilor și fenomenelor torențiale, este de la sine înțeles că lucrările de corecție și ameliorare vor trebui începute acolo și apoi continuate în canalul de scurgere și în zona conului de dejecție...”

– „Până când efectul vegetației se face simțit în timp, pe canalul de scurgere se fac lucrări puternice și înalte de zidărie, în scopul de a reține materialele transportate la viituri, iar pe depozitele formate se fac butășiri...”

Revenind din nou la tema vegetației, în prefața cursului elaborat și publicat la fostul Institut Politehnic din Brașov, în anul 1960, profesorul remarcă: „Pentru regularizarea regimului hidrologic, rolul hotărâtor revine

vegetației, îndeosebi celei forestiere. Acesta este motivul pentru care în țara noastră (dar și în multe alte țări europene), acțiunea de corectare a torenților este coordonată, de peste un secol, de către sectorul forestier."

Privitor la raporturile dintre diferitele categorii de lucrări, el scria cu aceeași ocazie: „Lucrările hidrotehnice sunt componente importante ale complexului de lucrări de corectare a torenților. Dar ele, prin însăși natura lor, nu sunt determinante în înlăturarea cauzelor fenomenelor de torențialitate. Rolul determinant din acest punct de vedere îl are vegetația. De aceea, lucrările hidrotehnice trebuie folosite numai acolo unde organizarea hidrologică a bazinelor torențiale le recomandă ca strict necesare, ținând seama de posibilitățile de instalare a vegetației, de efectul ei hidrologic, de natura și de importanța obiectivelor periclitate de viiturile torențiale etc."

Cu aproape zece ani mai târziu (în 1968), aceste idei le găsim reafirmate și îmbogățite cu argumente noi, în capitolul introductiv al cursului publicat tot la fostul Institut Politehnic din Brașov: „Vegetația, și în special cea forestieră, constituie mijlocul cel mai eficace de atenuare a viiturilor torențiale și, implicit, de combatere a eroziunii terenurilor. Dar, până la aducerea vegetației în situația de a-și îndeplini în mod eficace rolul hidrologic, obiectivele periclitate de viituri trebuie protejate, țel care se atinge prin intermediul lucrărilor hidrotehnice. Acestea din urmă se folosesc pentru amenajarea atât a versanților cât și a albiilor și constituie componente importante în cadrul ansamblului de lucrări de amenajare. Dar, costul acestora este, în general, mult mai ridicat decât al lucrărilor de vegetație și, în plus, eficacitatea lor, din punctul de vedere al corectării unui torent, este relativ redusă, dacă nu sunt conjugate judicios cu lucrările de vegetație."

Inundațiile catastrofale care s-au produs succesiv în anii 1970 și 1975, cu toate urmările lor negative în plan economic și social, au reprezentat pentru profesorul Stelian Munteanu un moment potrivit nu numai pentru a-și reafirma propriile convingeri legate de rolul pădurii în lupta cu forțele distrugătoare ale naturii, ci și pentru a sensibiliza și conștientiza opinia publică asupra necesității ca factorii de decizie să întreprindă urgent măsuri pentru conservarea și protecția fondului forestier al țării. Iată de ce, la masa rotundă de la redacția ziarului „Muncitorul Forestier”, organizată în data de 4 august 1970 sub un generic foarte sugestiv „Pădurea-tabloul de reglare a regimului hidrologic”, profesorul afirma: „Inundațiile catastrofale din acest an (n.n. 1970) nu ar fi atins amploarea și gravitatea pe care le cunoaștem dacă funcțiile hidrologice de protecție ale vegetației forestiere din bazinele montane nu ar fi fost alterate prin exploatările și defrișările neraționale din trecut. Iată de ce, redresarea echilibrului hidrologic în bazinele de munte este nu numai necesară ci și indispensabilă. Muntele trebuie amenajat cât mai bine și cât mai urgent, deoarece hidrologia muntelui comandă hidrologia câmpiei și nu invers. S-a spus de multe ori și pe bună dreptate: câmpia se apără la munte!, iar la munte, rolul fundamental din punct de vedere hidrologic revine pădurii."

Cu aceeași ocazie, vorbind despre rolul hidrologic al pădurii, profesorul a ținut să precizeze că nu minimalizează, sub nici o formă, importanța economică a pădurii, concretizată prin producția de masă lemnoasă. Dimpotrivă, vedea optimizarea raportului dintre cele două funcții prin „obținerea unui maxim de masă lemnoasă (cantitativ și calitativ) în limitele menținerii, la un nivel corespunzător, a funcțiilor hidrologice ale pădurilor din cadrul unui bazin hidrografic dat (nu ale pădurii în general)”.

O atitudine și mai clar formulată față de problemele de mai sus o regăsim în cadrul articolului publicat în Revista pădurilor din anul 1975, cu titlul „*Premise fundamentale în problema amenajării bazinelor hidrografice torențiale*”, unde se scrie: „Dintre lucrările principale – biologice, biotehnice și hidrotehnice – folosite în amenajarea bazinelor torențiale, rolul hotărâtor atât în privința refacerii și conservării solului cât și a regularizării scurgerilor pe versanți, revine lucrărilor biologice, care prezintă proprietatea de a se autoregenera și de a da producții. Lucrările biologice sunt la fel de utile în consolidarea malurilor și, după caz, a albiilor. Lucrările hidrotehnice sunt hotărâtoare, la rândul lor, pentru stabilizarea (fixarea) nivelurilor de bază, pentru retenția aluviunilor, pentru crearea de lacuri de acumulare destinate atenuării viiturilor, pentru asigurarea echilibrului necesar instalării vegetației etc. Orice orientări unilaterale spre folosirea numai a lucrărilor hidrotehnice, cu neglijarea celor biologice, reprezintă un mod neștiințific de a trata problema și neeficient din punct de vedere practic. Principiul fundamental care trebuie urmărit și respectat cu deosebită atenție și consecvență constă în îmbinarea armonioasă a celor trei grupe de lucrări amintite, astfel încât să se obțină efectul maxim cu minimum de cheltuieli. Evident, după caz, accentul poate fi pus asupra unora sau altora dintre lucrări, în funcție de specificul bazinului și rețelei hidrografice, de obiectivele care trebuie apărute la viituri, de urgența impusă pentru realizarea amenajărilor etc.”

Cele de mai sus aveau să prefigureze, de fapt, coordonatele amenajării integrale și complexe a bazinelor hidrografice torențiale, concepție modernă care se bazează pe „aplicarea în cuprinsul acestor unități a unui ansamblu de măsuri și lucrări (biologice, biotehnice și hidrotehnice) cu rol hidrologic și antierozional, în care pădurea deține un rol principal.”

„Prin situarea lor, în special, în regiunea munților și dealurilor înalte, în zone cu mare energie de relief și cu pante pronunțate, respectiv în zonele cele mai bogate în precipitații și mai expuse la denudația accelerată, pădurile – scria profesorul Stelian Munteanu în 1971⁶ – dețin rolul unui adevărat scut de protecție, care asigură, pe de o parte, o regularizare a scurgerilor de suprafață, iar pe de altă parte o alimentare echilibrată a rezervelor de apă subterană. Existența unui procent optim de împădurire în fiecare bazin hidrografic constituie o cerință justificată, dar insuficientă, deoarece sub raportul protecției solului și apei, pe lângă ponderea vegetației forestiere,

⁶ Pădurea, important factor de echilibru al mediului geografic (articol publicat în Revista pădurilor, împreună cu A. Costin).

interesează modul de amplasare a pădurii pe versant și în special structura acesteia, care este determinată în principal de modul de gospodărire. Cheia redresării și conservării echilibrului hidrologic al cursurilor de apă din bazinele superioare constă în principal din refacerea și conservarea funcțiilor de protecție (hidrologice și antierozionale) ale pădurilor din aceste bazine."

Ca important factor de echilibru al mediului geografic, dar și ca simbol al armoniei în natură (foto 2.5), pădurea nu poate să lipsească din cuprinsul bazinelor hidrografice. Iată de ce, „oriunde pe planeta noastră, concepțiile, metodele și acțiunile practice concrete privind amenajarea bazinelor hidrografice torențiale se înscriu și se integrează organic pe linia celor mai autentice preocupări de refacere și protecție a mediului de viață al societății omenești."

Cele de mai sus au fost scrise în partea introductivă a unui articol publicat în anul 1980 în *Revista pădurilor*, articol în care se avansa pentru prima dată ideea – ulterior dezvoltată de Clinciu și Lazăr – că bazinele torențiale constituie segmente „alterate” ale mediului și că dereglajul hidrologic reprezintă, el însuși, un proces agresiv față de mediu, periclitând stabilitatea sau chiar existența ecosistemelor naturale din spațiul bazinului. Cu aceeași ocazie, se conchidea că „realizarea echilibrului hidrologic în cuprinsul unui bazin hidrografic este de neconceput fără realizarea simultană și a unui echilibru ecologic. Aceste două forme de echilibru sunt asociate și se realizează concomitent, ele condiționându-se reciproc".

Ideea de mai sus avea să fie preluată și dezvoltată în manuscrisul referatului intitulat „Rațiuni și principii ecogeografice pentru amenajarea complexă a bazinelor hidrografice torențiale din România”, care urma să fie prezentat în cadrul Conferinței Naționale de Ecologie de la Constanța (luna mai, 1981). Mai jos, reproducem un crâmpel din manuscrisul redactat la vremea respectivă, care demonstrează admirabilul atașament al profesorului față de pădure: „...Dar, abordând o astfel de problemă, este imposibil să nu ne ducem cu gândul la vegetația forestieră, la pădure. Și aceasta, pentru simpla rațiune că, oriunde pe planeta noastră și în toate epocile, pădurea a constituit și va constitui unul dintre mijloacele cele mai eficace, adesea singurul eficace, de conservare a echilibrului hidrologic din bazinele hidrografice din zonele montane și colinare și, pe un plan mai larg, din zonele cu relief accidentat. Pentru amenajarea complexă a acestor zone, pădurea și apa reprezintă două componente indisolubil legate între ele, cu efecte reciproc conjugate. Pentru condițiile de climă și de relief din țara noastră – ca, de altfel, și din alte zone ale Europei – se poate afirma, fără nici o exagerare, că așa cum este conservată, distribuită și gospodărită pădurea în zonele montane și de coline înalte, așa este și regimul cursurilor de apă din aceste bazine. Iată pentru ce, autorii referatului de față (n.n. Munteanu și Clinciu) consideră că el este și un omagiu adus pădurii, respectiv funcțiilor acesteia de protecție ..."



Foto 2.5. Stabilitatea solului și permanența apei, atât de strâns legate în raza bazinelor hidrografice și atât de importante pentru viața omului, nu se pot asigura decât în prezența unui înveliș vegetal silvatic (Foto: Clinciu, 1995—Valea Sebeșului).

Toate cele arătate atestă cum s-a construit și cum a evoluat multivalența profesională a profesorului Stelian Munteanu, întregul său sistem de gândire și de creație pe această linie reprezentând o contribuție a școlii românești la dezvoltarea și îmbogățirea concepțiilor europene privind rolul jucat de pădure în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale. Îndrăznim chiar să-l considerăm pe cel omagiat în lucrarea de față ca pe unul dintre cei care au gândit și acționat în spiritul conceptului actual al dezvoltării durabile, el susținând, încă din perioada 1970–1975, că *amenajarea bazinelor hidrografice torențiale reprezintă o componentă de bază a dezvoltării integrate a zonelor rurale și că rolul pădurii din acest punct de vedere este unul incontestabil*. Iată câteva dintre argumentele care erau invocate la vremea respectivă:

1. *Terenurile forestiere reprezintă, în general, un procent ridicat din suprafața zonelor rurale montane și joacă un rol important în infrastructura generală a dezvoltării acestor zone, furnizând produse forestiere și servicii. Aici, pădurea trebuie luată în considerare nu numai prin funcția de producție ci și prin funcțiile sociale și de protecție, care, adeseori, depășesc în valoare produsele forestiere, unele fiind vitale pentru societatea omenească.*

2. *Având în vedere că pădurile reclamă, în general, investiții relativ modeste, și ținând seama de polivalența funcțională a pădurilor, acestea constituie, în numeroase cazuri, folosința cea mai economică a terenurilor din zonele montane.*

3. *Pădurea constituie un element prealabil, aproape indispensabil, pentru orice încercare de punere în valoare a zonelor „rurale” dificile.*

4. *Lucrările biotehnice și hidrotehnice care sunt folosite pentru a sprijini rolul pădurii în combaterea proceselor torențiale sunt încredințate, atât prin formația lor profesională cât și printr-o veche tradiție, forestierilor.*

5. *Dar, de aici, nu trebuie să se tragă concluzia că pădurea trebuie pusă oriunde și cu orice preț, neglijând realitățile și necesitățile sectorului agricol. Acest lucru nu este nici posibil și nici în concordanță cu interesele generale ale economiei naționale. De aceea, ori de câte ori amenajarea unui torent implică rezolvarea concomitentă și a unor probleme agricole, este necesar ca aceasta să se facă în strânsă colaborare cu sectorul respectiv.*

Cu alte cuvinte, deși era convins de valențele importante ale silviculturii în opera de punere în valoare a zonelor „dificile” și, deci, la dezvoltarea zonelor rurale, totuși profesorul Stelian Munteanu nu pleda pentru o dezvoltare montană izolată, ci susținea ca aspectele tehnice, economice, sociale și instituționale ale economiei bazinelor montane să fie examinate în contextul problemelor dezvoltării integrate a zonelor rurale, iar aceste aspecte să fie privite, în primul rând, din punctul de vedere al posibilităților și mijloacelor forestiere.

Și, în sfârșit, încă o previziune științifică care s-a bucurat de validarea timpului, mai ales în cazul bazinelor hidrografice mici, reîmpădurite: *conceptul de histerezis hidrologic*. Acest concept a fost împrumutat din domeniul fizicii, unde prin „histerezis” se înțelege *un fenomen ireversibil, constând din faptul că succesiunea stărilor unei subsanțe, determinate de variația unui parametru, diferă de succesiunea stărilor determinate de variația în sens contrar a aceluiași parametru (histerezis electric, histerezis magnetic).*

Trei idei de bază au stat la baza introducerii, adaptării și nuanțării conceptului de histerezis hidrologic (Munteanu, Clinciu, 1980; Clinciu, 1994):

1. *Bazinele hidrografice mici, torențializate prin despădurire – împreună cu toate ecosistemele din cuprinsul acestora – se prezintă pentru societatea omenească ca segmente dintre cele mai „alterate” ale mediului;*

2. *Pentru reconstrucția hidrologică (implicit și ecologică) a acestor unități se aplică un ansamblu de măsuri și lucrări (biologice, biotehnice și hidrotehnice), în cadrul căruia (re)împădurirea (refacerea vegetației) deține un loc principal;*

3. *Forța curativă a pădurii reînstalate pe versanții bazinului este importantă, dar nu și suficientă, pentru a redresa, pe termen scurt, dezechilibrul care persistă la nivelul rețelei hidrografice.*

Cu alte cuvinte, *prin simpla reîmpădurire a versanților torențialitatea bazinelor hidrografice se atenuează, dar nu se stinge! Și aceasta pentru că,*

odată cu înlăturarea pădurii și grefarea puternică a eroziunii pe rețeaua hidrografică, transportul de aluviuni din întregul bazin hidrografic nu mai poate fi stăvilit doar prin reîmpădurirea versanților. Rețeaua hidrografică se „reface” incomparabil mai greu decât versanții; în albiile este sediul scurgerilor concentrate, aici adâncimea curenților crește iar puterea de eroziune și transport este cea mai mare.

Apare, astfel, un histeresis hidrologic, un decalaj evident la scara timpului, între curba de degradare a versanților în urma despăduririi și curba de refacere a rețelei hidrografice după ce versanții au fost reîmpăduși (fig. 2.5). Altfel spus, în vreme ce parametrii hidrologici ai versanților degradați prin despădurire pot reveni la valori apropiate de cele de dinaintea acestei intervenții antropice, în schimb sistemul de rang superior (bazinul hidrografic) nu mai poate reveni la starea inițială, de echilibru.

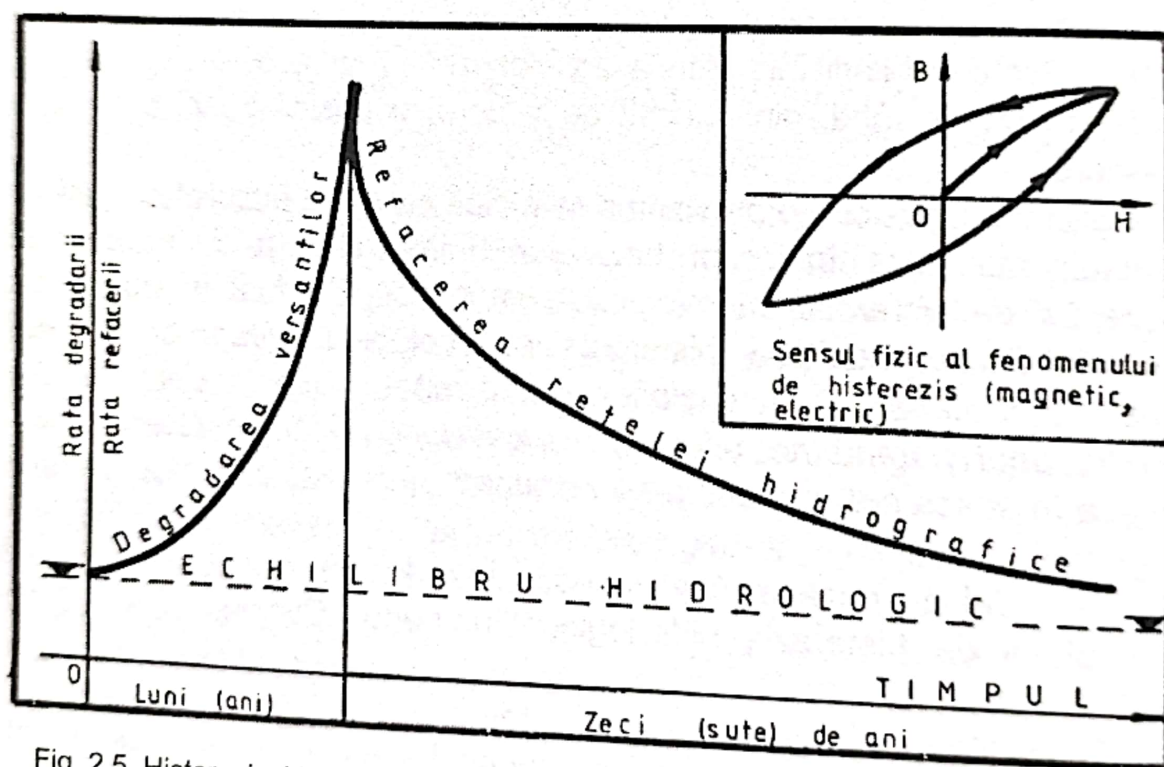


Fig. 2.5. Histeresis hidrologic torențial. Ilustrare grafică (Munteanu, Clinciu, 1980).

Practica însăși ne demonstrează o asemenea stare de lucruri (foto 2.6); sutele și miile de bazine hidrografice mici din zona de deal și munte, care au fost în trecut puternic torențializate prin despădurire, și în care deși în urma reîmpăduririlor (uneori totale!) s-a reușit stingerea principalelor focare de eroziune accelerată de pe versanții acestora, totuși albiile rețelei lor hidrografice au rămas și astăzi cu o puternică remanență erozională, continuând să alimenteze cu o mare cantitate de aluviuni mai ales viiturile rapide (de tipul *flush-floods*).



Foto 2.6. Un bazinet montan, reîmpădurit, de pe Valea Tărlungului, în care histerezisul hidrologic torențial este cât se poate de evident (Foto: Clinciu, 2001).

2.7. CONTROLUL HAZARDELOR NATURALE, PARTE COMPONENTĂ A AMENAJĂRII INTEGRATE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Pentru că hazardele naturale cele mai cunoscute (viituri, inundații, alunecări de terenuri, avalanșe) se produc cu precădere în spațiul bazinelor hidrografice torențiale, unii autori consideră prevenirea și combaterea acestor fenomene ca o parte integrantă a activității de amenajare a bazinelor respective (***, 1992 b; ***, 2000 a; Audrechy, Heinimann, 2002; Fiebigier, Miklau, 2002; Marui, 2006; Fontan, Stringa, 2004; Leitgeb, 2005; Jong, 2005; Paracchini, Folving, 2005; Stănescu, Drobot, 2006).

De altfel, încă de la înființarea sa, în anul 1951, Grupului de lucru pentru corectarea torenților și combaterea avalanșelor de zăpadă, din cadrul Comisiei Europene a Pădurilor, i se fixase ca mandat din partea FAO „studierea problemelor care se pun în regiunile montane din Europa cu o foarte densă populație, conservarea solului și apărarea localităților, a terenurilor cultivate, a căilor de comunicație și a lucrărilor hidrotehnice, împotriva torenților și avalanșelor”, pentru ca, începând din anul 1970, acest mandat să fie lărgit și să acopere cinci probleme majore în următoarea ordine de prioritate:

1. Corectarea torenților;
2. Protecția împotriva avalanșelor;



3. Conservarea solului și apei în regiunile montane;
4. Utilizarea terenurilor din zonele montane, în special a terenurilor forestiere, în colaborare cu celelalte sectoare interesate;
5. Evaluarea avantajelor directe și indirecte ale amenajării bazinelor hidrografice montane.

Desfășurând activitățile din acest spectru în regiuni alpine din Europa – cele mai predispuse la hazarde naturale –, Grupul de lucru s-a implicat activ în combaterea acestor evenimente, progrese semnificative în bioinginerie, silvicultura protectivă și silvicultura special orientată către reducerea hazardelor naturale fiind raportate, de-a lungul ultimilor 50 de ani, de țări precum Austria, Italia, Franța, Norvegia, Spania, Elveția.

De altfel, centrarea activităților Grupului pe problemele tradiționale ale combaterii hazardelor naturale este demonstrată și de organizarea sesiunilor sale, cu prioritate în regiuni alpine ale Europei (Austria–două sesiuni; Franța–patru sesiuni; Germania–două sesiuni; Italia–patru sesiuni; Elveția–două sesiuni; Norvegia–două sesiuni; Cehia–o sesiune; România–o sesiune). De fiecare dată, a existat o strânsă colaborare și conlucrare cu *Grupul de lucru pentru controlul hazardelor naturale* din cadrul IUFRO, care a elaborat recent o strategie pentru protecția sustenabilă împotriva inundațiilor, cu un program special de acțiune pe termen lung (*Action Programme 2020*). Programul este centrat pe ideea că monitorizarea hazardelor naturale în zona de munte este o componentă definitorie pentru managementul de risc din zona de câmpie (Albert Göttle, președinte IUFRO, S. 08), idee care este subliniată și de recenta *Directivă a Comisiei Europene asupra Inundațiilor*.

În plus, pentru a aborda probleme precum: modelarea impactului modificărilor de mediu, influența schimbărilor de folosință asupra riscului viiturilor, estimarea pagubelor viiturilor, punerea în funcțiune a unui sistem de alertă pentru autorități și cetățeni etc., Grupul de lucru pe probleme de hazarde naturale a dezvoltat, de-a lungul timpului, modele hidrologice adecvate, cel mai recent fiind modelul MISFLOOD. Acesta este încorporat într-un GIS și operează cu seturi de date europene, ca de exemplu *Corine land cover*, *European soils data base* și rețeaua de scurgere europeană la o rezoluție de 1 km. Printre principalele aplicații ale modelului se numără colaborarea cu Comisia Oder pentru asistență tehnică în domeniul preavertizării viiturilor (Paracchini, Folving, 2005).

Pentru un control sistematic în amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale, harta zonelor de risc devine o piesă de bază, absolut necesară pentru proiectarea și implementarea măsurilor de prevenire și combatere a hazardelor naturale, indiferent de natura acestora. În același timp, modelarea matematică și simularea vor căpăta o importanță tot mai mare în cercetarea proceselor naturale și mai ales în luarea deciziilor vizând gestionarea resurselor naturale, inclusiv în gospodărirea pădurilor (Păcurar, 2001, 2005).

În sfârșit, de mare actualitate este *modelarea hidrologică a viiturilor rapide (flush floods)*, hazarde care – urmare a schimbărilor climatice la nivel global – se manifestă, începând din ultimii ani, cu o frecvență din ce în ce mai ridicată și în spațiul geografic românesc.

Producătoare de victime omenești și responsabile de mari pagube materiale (foto 2.7), astfel de viituri au avut loc atât în cuprinsul unor bazine hidrografice forestiere cu resturi de exploatare abandonate pe albie, cât și în aval, pe sectoare de albie ocupate de diverse materiale (lemnoase, nelemnoase), construcții și/sau amenajări gospodărești, unde unda viiturii torențiale masiv încărcată cu corpuri plutitoare a provocat blocarea podețelor/podurilor (foto 2.8), a deversoarelor pragurilor și barajelor, a canalelor etc., rezultatul fiind inundarea terenurilor limitrofe, chiar și atunci când pădurea din bazinul hidrografic aferent satisfacea cerințele de ordin hidrologic și antierozional.

Din punctul de vedere al modelării viiturilor rapide, două sunt problemele care interesează în activitatea de cercetare:

- prima constă din identificarea bazinelor care pot genera astfel de fenomene, o metodologie interesantă și relativ ușor de aplicat fiind prezentată chiar în cuprinsul volumului de față (Drobot, Chendeș, 2008);
- cea de a doua problemă vizează găsirea relației dintre debitul care produce inundarea terenurilor limitrofe albiei și precipitația care stă la originea inundării.

În încercările recente de a soluționa cea de a doua problemă, cercetătorii din țara noastră (Ionescu, 2005; Oprișan *et al.*, 2005; Stănescu, Drobot, 2005; Gaspar, 2008) – bazându-se și pe stadiul cunoștințelor la nivel mondial –, au procedat în felul următor:

– mai întâi, au fost elaborate relații cu caracter regional, prin care elementele geometriei albiei s-au exprimat în funcție de cei mai uzuali parametri morfometrici ai bazinului (suprafața, lungimea etc.);

– apoi a fost stabilită relația dintre debitul de umplere al albiei (debitul care, odată depășit, produce inundarea) și cantitatea de precipitații căzută în spațiul bazinului;

– în final, din egalarea debitului de umplere calculat cu debitul produs de precipitația căzută în spațiul bazinului s-a putut determina cantitatea limită de precipitații și durata acesteia, care generează debitul de umplere și deci inundarea.

Evident, cu cât calitatea hidrologică a folosințelor este mai coborâtă, cu atât cantitatea limită de precipitații necesară pentru a depăși pragul critic de inundare este mai mică și, invers, cu cât folosințele din bazin au o calitate hidrologică mai ridicată, cu atât este necesară o cantitate mai mare de precipitații pentru a se produce prejudicii (Gaspar, 2008).



a



b

Foto 2.7. Urmări ale viiturii rapide, din data de 11 august 2007, de pe Valea Popii – localitatea Moeciu de Sus, județul Braşov (Foto: Nicolae Clinciu, 2007): a. Drumul comunal „Valea Popii”, distrus. B. Grădini, locuinţe, autoturisme şi pensiuni turistice, inundate.



a



b

Foto 2.8. Corpurile plutitoare antrenate din amonte și podețele cu secțiunea de scurgere subdimensionată, două dintre circumstanțele agravante ale viiturii rapide din data de 11 august 2007, de pe Valea Popii – localitatea Moeciu de Sus, județul Brașov (Foto: Nicolae Clinciu, 2007): a. Transportul masiv de flotanți a amplificat considerabil forța distructivă a viiturii. b. Podețul subdimensionat, blocat cu flotanți, a strangulat curentul cu volum mărit al viiturii.



Astfel, potrivit datelor din tabelul 2.1, stabilite pentru un bazin torențial de 300 de hectare, cu panta medie de 30 % și cu soluri având textură lutonispoasă ($n_e = 0,22$), a rezultat că dacă bazinul ar fi acoperit de o pășune mediocră atunci ar fi necesari doar 29 mm strat de precipitații pentru a se produce depășirea adâncimii curentului de 50 cm, respectiv a debitului de $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, care au ca efect inundarea zonelor limitrofe.

Tabelul 2.1

Înălțimea stratului de precipitații, $h(\text{mm})$, la care se realizează debitul critic de inundație ($Q = 5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), într-un bazin hidrografic cu suprafaa de 300 ha și soluri lutonispoase (Gaspar, 2008)

Nr. crt.	Folosința terenului	$h [\text{mm}]$
1	Pășune exploatată continuu - mediocră	29
2	Pădure foarte rea hidrologic ($G = 1,0$) ¹	48
3	Pădure rea hidrologic ($G = 1,1$)	63
4	Pădure mediocră hidrologic ($G = 1,2$)	70
5	Pădure bună hidrologic ($G = 1,3$)	85
6	Pădure foarte bună hidrologic ($G = 1,4$)	98
7	Pădure excelentă hidrologic ($G = 1,5$)	106

¹ Este vorba de indicatorul hidrologic al arboretelor, G (Gaspar, 2000)

Dimpotrivă, dacă același bazin ar fi acoperit de o pădure excelentă hidrologic doar o cantitate de precipitații de circa 3,7 ori mai mare (adică 106 mm) ar putea conduce la depășirea debitului de inundație.

2.8. SOLIDARITATEA TERITORIALĂ ȘI PARTENERIATUL AMONTE-AVAL (ȘI AVAL-AMONTE), O NECESITATE TOT MAI CONȘTIENTIZATĂ

Nu constituie o noutate faptul că resursele de apă și administrarea acestora au fost de importanță existențială pentru însăși civilizația umană, cu deosebire pentru zonele populate de la câmpie, unde atât excesul de apă sub formă de inundații cât și lipsa de apă pentru irigarea culturilor au fost cauzatoare de catastrofe.

„Muntele trebuie amenajat cât mai bine și cât mai urgent deoarece hidrologia muntelui comandă hidrologia câmpiei și nu invers. S-a spus de multe ori și pe bună dreptate: câmpia se apără la munte, iar la munte rolul fundamental din punct de vedere hidrologic îi revine pădurii”. La acest argument hidrologic, formulat atât de sugestiv de către profesorul Stelian Munteanu (1970), se adaugă și adevărul – recunoscut în documentele cele mai recente ale UE – potrivit căruia munții sunt mai puțin favorabili pentru agricultură, ceea ce a provocat și provoacă abandonarea muntelui de către populație.

Iată de ce, în condițiile actuale, când amenajarea bazinelor hidrografice torențiale tinde să devină o aplicație a managementului resurselor naturale, o precondiție pentru gestionarea durabilă a acestor resurse, în scopul de a

ameliora condițiile de viață pentru locuitorii nu numai din zonele înalte, ci și pentru cei din ariile altitudinale inferioare, se vorbește tot mai mult despre *solidaritatea teritorială* și despre necesitatea unui *parteneriat aval-amonte și viceversa* (Tennyson, 2005; Achouri, 2005; Jong, 2005).

Ce înseamnă aceasta? Înseamnă că folosințele din amonte să recunoască drepturile folosințelor din aval referitoare la utilizarea resurselor de apă (de bună calitate și în cantitate suficientă), în timp ce folosințele din aval să consimtă, ele însele, plata cheltuielilor necesitate de lucrările de amenajare aplicate în amonte.

Chiar dacă, în termeni cantitativi, influența activităților de amenajare din amonte asupra infrastructurilor din aval continuă să suscite controverse, totuși, pornind de la puținele exemple care au demonstrat că investițiile bine gândite și realizate în amonte produc efecte economice pozitive în aval (Tennyson, 2005), se discută și despre modalitățile în care se poate realiza o „*solidaritate a populației și o împărțire echitabilă a costurilor și beneficiilor între diverse teritorii*” (CE-2001).

Integrarea amonte-aval (și viceversa) fiind și o cerință a *managementului integrat al apelor*, fondurile structurale europene sunt îndreptate tot mai evident către implementarea conceptului de lucru al coeziunii teritoriale, concept care îmbrățișează „*politicile care ajută și întăresc relațiile dintre zonele cu diferențe în dezvoltarea economică și socială, astfel încât exodul de populație să fie evitat sau cel puțin diminuat*” (Zingari, 2005, 2006).

După cum au arătat ultimele consultări internaționale asupra pădurilor montane (Spania și Franța, 2002), silvicultura poate realiza o compensație din acest punct de vedere. Ea poate contribui la întărirea coeziunii sociale, economice și teritoriale, pentru a menține oamenii la ei acasă. Pledează pentru această compensație două argumente principale (Zingari, 2005, 2006; Valentinelli, 2005):

1. ecosistemele montane furnizează un larg evantai de beneficii regiunilor de la altitudini inferioare;

2. ariile rurale dezavantajate arată o clară fezabilitate economică pentru implementarea programelor de reîmpădurire.

În sfârșit, de mare importanță (inclusiv educativă) este participarea la împărțirea responsabilităților, dar și a beneficiilor. Interrelația și parteneriatul aval-amonte (și viceversa) înseamnă eforturi în distribuirea responsabilităților, în reunirea tuturor actorilor la implementarea politicilor și a bunelor practici, în implicarea comunităților. În același timp, fiindcă ecosistemele montane furnizează un larg evantai de beneficii regiunilor de la câmpie și deoarece multe sectoare socio-economice sunt beneficiare ale acestor influențe, se pune și problema de a plăti contravaloarea serviciilor oferite (Zingari, 2005, 2006).

Recent promovată de Comisia Economică pentru Europa (UNECE, 2005), *plata pentru serviciile de mediu* – ca și concept promițător, care susține dezvoltarea durabilă –, a fost introdusă pentru prima dată de Constituția Națională Elvețiană în anul 1964, prin alocări financiare și prin

contracte către fermieri. Spre exemplu, programele promovând combaterea biologică în detrimentul aplicării pesticidelor și fertilizanților sunt compensate cu sume de la 130 la 520 Euro pe hectar, în timp ce pentru gestiunea apei potabile se acordă între 200 și 4 500 Euro pe hectar.

2.9. DIRECTIVA-CADRU ASUPRA APEI, ALTE PROIECTE ALE COMISIEI EUROPENE, VECTORI AI AMPLIFICĂRII PROGRAMELOR DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Prin Centrul Comun de Cercetări al Comisiei Europene a fost elaborată *Directiva-cadru asupra apei* și sunt în diferite stadii de desfășurare și alte proiecte care răspund necesităților de fundamentare științifică a politicilor de mediu ale Uniunii Europene, ținta finală fiind o dezvoltare durabilă la scara Europei.

Felul în care amenajarea bazinelor hidrografice torențiale este reflectată în aceste documente se prezintă, succint, în continuare.

2.9.1. DIRECTIVA-CADRU ASUPRA APEI

Documentul stabilește un cadru larg și exhaustiv pentru gestionarea durabilă a resurselor de apă și protecția calității apelor, avându-se în vedere toate tipurile de corpuri de apă și fixându-se ca obiectiv ambițios *realizarea unei bune stări a apelor* în toate țările membre, până la sfârșitul anului 2015.

Printre obiectivele majore urmărite se numără: protecția ecosistemelor acvatice, promovarea unei utilizări durabile, bazate pe protecția pe termen lung a resurselor de apă, monitorizarea și reducerea progresivă a sedimentelor, emisiilor și pierderilor de substanțe nutritive, reducerea progresivă a poluării apelor subterane și, nu în ultimul rând, atenuarea efectelor secetelor și inundațiilor.

Acțiunile cheie pe care statele membre s-au angajat să le îndeplinească pe o perioadă de 15 ani au fost eșalonate după cum urmează (Paracchini, Folving, 2005):

- până în 2003: identificarea bazinelor râurilor din interiorul teritoriului național, cu arondarea lor în districte de bazine și cu identificarea autorităților competente;
- până în 2004: caracterizarea acestor districte în termeni de presiuni antropice și impacte ale folosirii apei, incluzând și un registru al ariilor protejate din interiorul districtului;
- până în 2006: realizarea operațională a monitoringului stării apelor;
- până în 2009: monitorizarea și analiza caracteristicilor bazinelor, identificarea de programe de măsuri pentru atingerea obiectivelor ambientale, până la nivel de costuri efective;

- până în 2009: realizarea și publicarea planului de amenajare a bazinelor hidrografice pe districte, cu indicarea corpurilor de apă puternic modificate;

- până în 2010: implementarea politicilor care realizează sustenabilitatea resurselor de apă;

- până în 2012: realizarea măsurilor programelor operaționale;

- până în 2015: implementarea programelor de măsuri și realizarea obiectivelor ambientale.

Cum unul dintre obiectivele majore fixate prin directivă este *atenuarea inundațiilor* și cum o astfel de atenuare nu este posibilă decât prin *măsuri și lucrări de prevenire și combatere a viiturilor torențiale*, este perfect îndreptățită așteptarea ca acest important document al Comisiei Europene să se transforme într-unul dintre vectorii cei mai importanți ai amplificării programelor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Pe această linie, în directivă este prevăzută măsura ca viitoarele planuri de amenajare să includă instrucțiuni care să vizeze: furnizarea informației, dezvoltarea ghidurilor de bună practică, managementul informației și înființarea de bazine pilot.

Deja au fost constituite grupuri de lucru, care se întâlnesc în mod regulat, și care produc ghiduri pe subiecte specifice, precum:

- analiza presiunilor și impactelor (Anglia și Germania);

- monitorizarea activităților (Italia și Agenția Europeană de Mediu);

- bune practici în amenajarea bazinelor (Spania);

- utilizarea sistemelor de informații geografice (Centrul Comun de Cercetări al Comisiei Europene).

Mai mult decât atât, Comisia Europeană – prin serviciile sale specializate – asistă țările membre în analiza subiectelor de implementat și acordă suport financiar grupului strategic coordonator. Centrul de cercetări amintit mai sus conduce, el însuși, activitatea a două grupuri de lucru: unul dintre acestea este axat pe problematica GIS, iar altul pe intercalibrarea și testarea în bazinele pilot.

Obiectivul primului grup este de a elabora hărți digitale, însoțite de instrucțiuni tehnice amănunțite, care să fie livrate țărilor membre și care să contribuie la acceptarea unui standard comun în privința: conținutului straturilor, reprezentării obiectelor, sistemului de referință și de proiecție, sistemului de codificare, armonizării la hotare, achiziției de date etc. Din acest punct de vedere, un GIS prototip a fost deja implementat; testarea s-a realizat în 11 bazine pilot (selectate dintre cele propuse de autoritățile naționale), care acoperă un ecart foarte larg de condiții, atât sub raport instituțional cât și din punct de vedere ecomorfologic.

Rolul exercițiului de intercalibrare, aflat în sarcina celui de-al doilea grup, este de a conduce la o înțelegere comună asupra definițiilor privind starea și calitatea corpurilor de apă în raport cu condițiile de referință, asigurându-se astfel comparabilitatea claselor de calitate ecologică a apelor transfrontaliere și a celorlalte corpuri de apă de pe întregul teritoriu al Uniunii Europene.

În perioada 1989–2002, Institutul pentru Mediu și Dezvoltare Durabilă al Uniunii Europene a realizat o serie de proiecte implicând analize ambientale la scară de bazine hidrografice (Paracchini, Folving, 2005). Dintre acestea, le amintim pe următoarele:

O rețea paneuropeană de date privind râurile și bazinele. S-a dezvoltat o astfel de rețea sub versiunea 1.0 pentru bazinele transfrontaliere din toată Europa, aria acoperită întinzându-se din Peninsula Iberică până la Marea Neagră și din Scandinavia până în Malta.

Proiectul s-a realizat cu tehnologie GIS, la o scară de 1:500 000. Obiectivul a fost de a se obține rețeaua de râuri și de bazine transfrontaliere printr-o procedură automatizată, pornind de la analiza modelului digital al terenului și a datelor auxiliare.

Procedura de validare s-a bazat pe compararea rețelei extrase din modelele digitale ale terenului cu seturile de date existente și pe compararea ariilor bazinelor selectate cu valorile corespondente din Eurowaternet (circa 3 000 de bazine în Europa).

CIS–sistemul de informații al bazinelor (*Catchement Information System*). Inițiat în anul 1998, pentru a evalua impactul politicilor Uniunii Europene asupra agriculturii și mediului, dar și pentru a sprijini protecția ambientală, *sistemul de informații al bazinelor* (CIS) a realizat încadrarea acestor unități naturale într-un sistem ierarhic funcțional, pornind de la rețeaua de scurgere paneuropeană (redată la scara 1: 1 000 000).

Sistemul constă din 10 straturi, cel mai voluminos fiind stratul reprezentat de rețeaua hidrografică europeană primară (cea având intrare directă la mare). Straturile subbazinelor au fost generate prin subdivizări continue, până la dimensiunea nominală de 1 000 km².

Rețeaua europeană de bazine experimentale. Acest proiect realizează investigarea impactelor asupra calității apei și solului, induse de schimbările în folosința terenului, climat, politică și legislație etc., prin intermediul unei rețele observaționale de bazine reprezentative pentru Europa, de la mărime mică la medie.

Există așteptarea că activitățile de cercetare vor contribui la eliminarea incertitudinilor care mai persistă în legătură cu presiunile asupra calității apei și solului, rezultate de la poluanți, de la transferul lor în mediul apă-sol și de la impactul diferitelor decizii de amenajare.

Rețeaua interrelaționează activitățile și ajută la dezvoltarea modelării legăturilor dintre activitățile antropice și efectele ambientale, asociate cu posibile scenarii climatice și de schimbări de folosință ale terenurilor.

Din anul 1993, România participă la acest proiect prin Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie (coordonator actual: dr.ing. Pompiliu Miță), cu un număr de cinci bazine reprezentative (dintre care patru sunt foarte bine împădurite), în care se fac cercetări privind: coeficientul de scurgere, timpul de concentrare, scurgerea provenită din topirea zăpezii,

scurgerea de aluviuni în suspensie, influența pădurii asupra scurgerii de suprafață, modelarea scurgerii etc. Aceste bazine sunt următoarele (fig. 2.6 a):

- Fântâna Galbenă (județul Bihor), de 2,29 km², împădurit în proporție de 84%;
- Moneasa (județul Arad), de 76,2 km², împădurit în proporție de 82%;
- Sebeș (județul Caraș-Severin), de 124 km², împădurit în proporție de 78%;
- Tinoasa-Vedea (județul Teleorman), de 92,1 km², fără pădure;
- Tinoasa-Ciurea (județul Iași) de 4,2 km², împădurit în proporție de 78%.

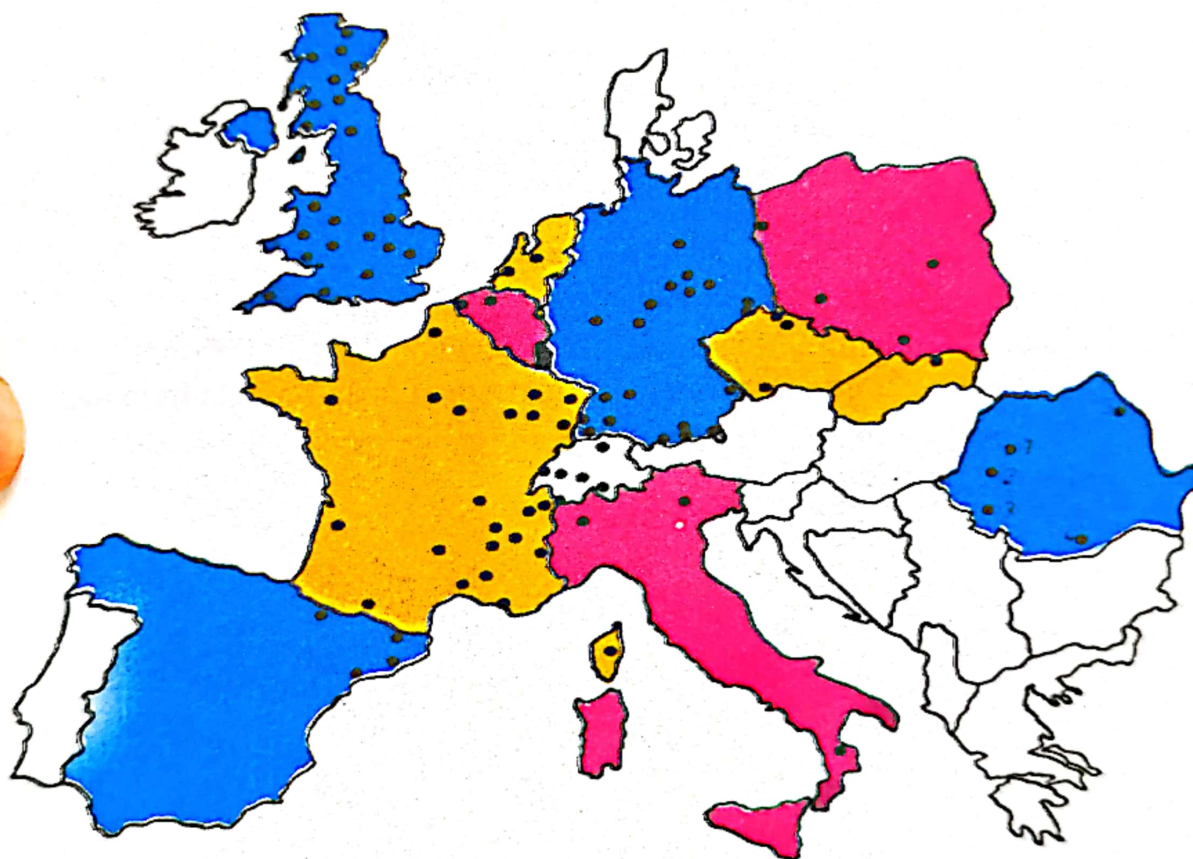


Fig. 2.6 a. Rețeaua de bazine reprezentative la scara Europei (Miță, 2005).

2.10. ASPECTE ÎNCĂ NEGLIJATE ÎN CERCETAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE DIN EUROPA

În viziunea ultimelor programe elaborate de către FAO, amenajarea bazinelor hidrografice (în general) și a celor torențiale (în special) acoperă subiecte dintre cele mai diverse, care se întind de la precipitații la scurgere, de la scurgere și eroziune la sedimentare, de la instabilitatea versanților la transportul sedimentelor și al flotanților etc.



Foto 2.9. Ținând seama de natura și proveniența flotanților, precum și de marile prejudicii pe care aceștia le provoacă în timpul viiturilor, se impun măsuri specifice de prevenire și combatere, care trebuie fundamentate pe baze științifice (Foto: din ***, 2000 b).

Centrarea preocupărilor doar pe aspectele legate de ciclul hidrologic în zona montană – așa cum s-a întâmplat în Anul Internațional al Muntelui –, se apreciază că nu mai este astăzi suficientă, mai ales pentru regiuni extreme, acolo unde amenajările trebuie să fie mai cuprinzătoare și să se focalizeze (și) pe aspectele mai puțin abordate până la ora actuală, așa cum sunt, de exemplu, stabilitatea albiilor de râu și transportul sedimentelor (Jong, 2005).

Într-adevăr, în timpul inundațiilor și imediat după acestea, flotanții (foto 2.9) și sedimentele joacă un rol dominant în restructurarea albiilor, cu urmări ce pot fi semnificative pentru terenurile riverane, pentru drumurile și proprietarii din zona ripariană și pentru diversitatea habitatelor.

Pe de altă parte, se cunoaște că potențialul de hazard depinde nu numai de debitul de vârf al viiturilor torențiale, ci și de cantitatea de aluviuni transportate. Pericolul este semnificativ crescut în zonele cu instabilitate a versanților, unde masele de pământ reprezintă focare active de alimentare cu sedimente și unde corpurile alunecătoare declanșate pot bloca cursul de apă și pot crea lacuri temporare. Astfel de modificări introduc un considerabil impact în dinamica albiilor.

Iată de ce, pentru o cât mai cuprinzătoare înțelegere asupra acestei dinamici și pentru cuantificarea schimbărilor morfologice la nivelul albiilor, sunt necesare observații, măsurători și cercetări sistematice în care, pe lângă tehnologiile clasice cunoscute, să se recurgă și la tehnologii moderne, așa cum sunt de pildă camerele digitale montate pe elicoptere, recomandate pentru albiile de la 5 la 10 metri, sau avioanele și scanerile stereotehnice, recomandate pentru albiile de râu cu lățime foarte mare (peste 200 m).

2.11. ÎNVĂȚĂMINTE, RECOMANDĂRI, PROVOCĂRI ȘI PERSPECTIVE

Prin proiectele pilot realizate și aplicate de către FAO în ultimul deceniu, atât în țări europene (Franța, Italia) cât și în țări de pe alte continente (Brazilia, Nepal), s-au putut desprinde o serie de învățăminte și s-au putut formula recomandări pentru dezvoltarea viitoarei generații de programe de amenajare. Totodată, un set de probleme formulate ca întrebări-cheie au fost trecute pe agenda preocupărilor viitoare.

2.11.1. LIPSURI CARE ÎNCĂ MAI PERSISTĂ

Cu toate progresele realizate în ceea ce privește amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale, toate cazurile luate în studiu, mai puțin cele privind ariile protejate, au arătat că *protecția ambientală sub controlul autorităților bazinale* este tratată, și astăzi, ca un obiectiv de importanță sectorială (Valentinelli, 2005). Încă există un deficit de integrare la scară spațială a instrumentelor de planificare a folosirii terenurilor, precum și o lipsă de coordonare privind implementarea politicilor sectoriale, cum ar fi agricultura, silvicultura și amenajarea resurselor de apă. Este

consemnat și deficitul de date care să furnizeze hărțile de risc la diferitele hazarde naturale și care să constituie suportul deciziilor de amenajare. De asemenea, persistă o acută lipsă de cooperare între diferitele niveluri instituționale. Nu de puține ori, sarcinile par a fi în conflict, ceea ce duce la o slabă eficacitate a măsurilor de protecție, în fața tot mai frecventelor dezastre naturale.

Mai figurează pe agenda lipsurilor identificate și aspectele următoare (Valentinelli, 2005):

- Atitudinea față de latura preventivă a amenajărilor este enunțată mai mult de pe poziția unui element de perspectivă și mai puțin de pe poziția unei politici clare și imediate.
- Implicarea și rolul sectoarelor private sunt încă mult prea slabe, cu excepția câtorva țări (ca de pildă Elveția), unde implicarea se manifestă și în materie de finanțare.
- Limitată și problematică este și contribuția financiară a comunităților locale.
- Neimplicarea organizațiilor de asigurări vine în contradicție cu acordul exprimat de toate țările, potrivit căruia amenajarea bazinelor hidrografice torențiale constituie o prioritate strategică.
- În sfârșit, lasă de dorit și coordonarea amenajărilor.

2.11.2. ÎNVĂȚĂMINTELE DESPRINSE, LA BAZA PROGRAMELOR VIITOARE

Printre principalele învățăminte desprinse de FAO în urma aplicării unor proiecte în țări din Europa, dar și de pe alte continente (America de Sud, Asia), se numără următoarele aspecte (Tennyson, 2005):

- factorul esențial al succesului în amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale îl reprezintă *participarea activă a populației locale*; ea trebuie promovată de la scara marilor bazine hidrografice și până la scara celor mai mici bazine, fermierii fiind cei dintâi interesați ca tehnologiile indigene de conservare a resurselor bazinului să primeze în fața tehnologiilor externe, impuse;
- pentru dezvoltarea de activități suplimentare, aducătoare de venituri, este necesară o *mai largă implicare a femeilor în activitățile forestiere și agricole*, inclusiv la luarea deciziilor;
- *educația ambientală* este esențială atât pentru locuitorii din amonte cât și pentru cei din aval, iar trainingul – inclusiv cel privitor la monitorizarea activităților – este absolut necesar și trebuie condus pe următorii pași: consultare, investigare, cazuri de studiu, workshopuri, conferințe internaționale, diseminarea rezultatelor.

2.11.3. PROVOCĂRI, ELEMENTE STRATEGICE, SUBIECTE CARE NECESITĂ INVESTIGĂRI VIITOARE

Conferința organizată de Comisia Uniunii Europene pe tema „*Politicile europene și muntele*” (Bruxelles, 2002) a fost crucială în ceea ce privește



poziționarea amenajării bazinelor hidrografice torențiale ca unul dintre aspectele cheie ale sustenabilității montane, ca un suport al dezvoltării solidarității teritoriale și al parteneriatului aval-amonte și viceversa.

Printre provocările viitoare cele mai semnificative, pe care atât acordurile internaționale cât și directivele Uniunii Europene trebuie să le asume, se numără (Zingari, 2005, 2006; Valentinelli, 2005):

- utilizarea combinată, silvo-pastorală, a terenurilor din cuprinsul bazinelor hidrografice torențiale;

- o cât mai bună cooperare și comunicare între autorități la nivel local, regional, bazinal, național și transnațional;

- implicarea cât mai activă a populațiilor urbane și rurale etc.

În lumina acestor provocări, dar și din perspectivă forestieră, au fost sugerate câteva elemente strategice-cheie pentru construcția viitoarei generații de programe în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale (Zingari, 2005, 2006):

- o comunicare cât mai activă pe tema locului și rolului amenajării bazinelor torențiale în procesul de atragere și de implicare a publicului în problematica ambientală;

- construcția și dezvoltarea solidarității urban-rural și amonte-aval, ca o precondiție a politicilor de frânare a exodului de populație (din zonele defavorizate, din amonte) către zonele mai favorizate, din aval;

- responsabilizarea tuturor „actorilor” pe calea contractelor teritoriale sau a echivalentelor lor;

- proiectele de dezvoltare rurală, directivele-cadru privind apa și programele forestiere la nivel național pot susține și impulsiona amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, imprimându-i acestei activități mai multă eficacitate și mai multă coerență;

- o rețea de bazine pilot, extinsă la întreaga scară a Europei, ar fi în măsură să mijlocească identificarea celor mai caracteristice cazuri de studiu, să favorizeze schimbul de experiență și să furnizeze capacități de construcție și de angajare din partea țărilor membre.

Ca subiecte de interes major, care necesită investigații viitoare, sunt consemnate (Tennyson, 2005):

- Apa, sedimentele și substanțele nutritive, în relație cu amenajarea terenurilor;

- Dinamica procesului de intensificare a folosirii resurselor naturale;

- Cele mai potrivite opțiuni de management al resurselor naturale;

- Abordări multi-instituționale în realizarea și aplicarea programelor de amenajare.

Nu în ultimul rând, analiza comparativă a trăsăturilor fostelor și viitoarelor generații de proiecte în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale decelează ca posibile următoarelor evoluții (Zingari, 2005, 2006):



- *În materie de concepte, abordări și metode:* viitoarele proiecte de amenajare vor lua în considerare nu doar aspectele tehnice, ci și pe cele ecologice și economico-sociale; de la amenajarea planificată se va trece la amenajarea colaborativă; de la principiul „creștere și stabilitate” se va trece la principiul „ecologie și stabilitate”; în paralel cu practicile forestiere, vor fi încurajate sistemele agrosilvopastorale; vor deveni prevalente rolurile multiple ale folosințelor și nu cele singulare.

- *Vor fi schimbări esențiale și în materie de politici:* muntele și silvicultura nu-și vor pierde ci își vor amplifica gradul de importanță, atât prin considerarea relației biunivoce aval-amonte/amonte-aval cât și prin integrarea silviculturii în dezvoltarea rurală; procesul de amenajare, începând de la proiectarea lucrărilor și până la monitorizarea acestora, va trece de la un proces centralizat, bazat pe directive ale guvernului, la unul descentralizat și participativ, bazat pe implicarea tuturor actorilor; în locul unei acțiuni reglementate și bazată pe intervenție, amenajarea bazinelor hidrografice torențiale va deveni o acțiune bazată pe precauțiune și prevenție.

- *Legat de aspectele socio-economice,* noua generație de programe va promova valori în loc de interese, în loc de informarea populației locale va prevala implicarea acesteia, iar de la subvențiile furnizate de organismele guvernamentale se va trece la întărirea subsidiarității și solidarității.

- *Nivelele de abordare* vor fi multiple și nu unice: în loc de nivele locale și naționale vor fi nivele locale, naționale și internaționale; de asemenea, în locul abordărilor centrate exclusiv pe bazinele montane vor fi realizate abordări referitoare atât la bazinele superioare cât și la bazinele inferioare.

- *Ținta cercetării științifice* va fi în mod precumpănitor multidisciplinară, cooperarea nu va mai fi bilaterală ci multilaterală, iar pentru promovarea cooperării în locul grupurilor tehnice vor fi înființate grupuri interdisciplinare.

Printre așteptările imediate pe care le are FAO de la noua generație de proiecte și programe în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale se mai numără și aspectele următoare:

- Activitatea de comunicare să fie simplă, dar nu simplistă, și să transmită mesaje echilibrate, de genul „*pădurile și silvicultura sunt necesare, dar nu și suficiente pentru a împiedica inundațiile*”;

- Eforturile de comunicare să fie îndreptate și în direcția atragerii și implicării companiilor de asigurări în planuri de prevenire;

- Universitățile și asociațiile profesionale să se implice mai mult în construcția instituțională dedicată amenajării bazinelor hidrografice torențiale;

- Schimbul de experiență să contribuie la reorientarea oamenilor și instituțiilor direct implicate, către o strategie câștigătoare și o practică potrivită.

În sfârșit, pe baza experienței câștigate în urma pregătirii și lansării noii generații de programe, Organizația Mondială pentru Alimentație și Agricultură-FAO previzionează următoarele scenarii legate de evoluția preocupărilor (Zingari, 2005, 2006):

- De la tratarea simptomelor degradării bazinului (despădurire, eroziune, colmatare etc.) se va trece la identificarea și tratarea cauzelor care stau la baza degradării bazinului (sărăcia, creșterea populației, folosirea improprie a terenurilor etc.);

- Va fi acordată prioritate egală costurilor lucrărilor executate în amonte și beneficiilor rezultate din amenajarea bazinului în zona din aval;

- Accentul se va pune pe motivarea și determinarea participării tuturor deținătorilor de terenuri, precum și pe adaptarea dezvoltării tehnologiilor de cercetare la nevoile locale;

- Amenajarea va deveni sustenabilă pentru folosințe multiple (resurse naturale, regenerabile și neregenerabile), prin combinarea dezvoltării resurselor de apă cu sisteme de producție care sunt compatibile pentru utilizarea economică a terenurilor.

2.11.4. CÂTEVA ÎNTREBĂRI-CHEIE AȘTEAPTĂ RĂSPUNSURI

Deși este unanim acceptată ideea că amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale poate constitui „*un vehicul adecvat nu doar pentru conservarea ambientală, ci și pentru ameliorarea vieții rurale*” (Achouri, 2005), totuși datorită multor incertitudini științifice, a deficitului de studii interdisciplinare, a impactului uman asupra mediului și a schimbărilor climatice globale, opinii conflictuale încă sunt întreținute și controverse continuă să existe.

Răspunsuri imediate sunt așteptate la întrebările următoare, care constituie de fapt și deziderate:

- Sunt diseminate corespunzător experiențele și învățămintele acumulate?

- Sunt folosite cele mai potrivite procese participative în acțiunea de amenajare, începând de la identificarea proiectelor și până la evaluarea și implementarea activităților?

- Tehnologiile aplicate asigură o dezvoltare durabilă a resurselor naturale?

- Cum trebuie dezvoltate și armonizate mecanismele organizaționale și instrumentele legislative pentru a se ajunge la o construcție instituțională adecvată amenajării bazinelor hidrografice torențiale?

- În ce direcție trebuie îndreptată elaborarea strategiilor și politicilor, astfel încât aceste instrumente să nu mai constituie o constrângere în implementarea sustenabilă a programelor de amenajare?

2.12. CONCLUZII SINTETICE

1. Torențialitatea nefiind compatibilă cu dezvoltarea durabilă (Giurgiu, 1998), amenajarea bazinelor hidrografice torențiale a devenit una dintre temele centrale în politica ambientală și s-a transformat într-unul dintre *vectorii importanți ai dezvoltării durabile* (Clinciu *et al.*, 1998; Clinciu, 2002), proiecte și programe în acest domeniu de activitate fiind implementate atât în Europa cât și în întreaga lume.

Chiar dacă abordarea problematicii încă nu este perfect corelată cu necesitățile de dezvoltare, iar unele dintre constrângerile semnalate în urmă cu două decenii sunt prevalente și astăzi, totuși se apreciază că dacă trendul de astăzi continuă, există șanse ca *amenajarea integrată participativă* să devină o realitate în cât mai multe țări ale lumii.

La scară europeană, un astfel de tip de amenajare dobândește un surplus de importanță deoarece 80% din populația europeană trăiește în arii urbane, același procent din teritoriul Europei este constituit din zonă rurală, iar pădurea de aici atinge o proporție de circa 40%.

2. De-a lungul timpului, ca răspuns la nevoile societale de schimbare, scopul acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale s-a îndepărtat de la conceptul inițial al unei acțiuni pur tehnice și s-a îndreptat către o acțiune tot mai complexă, capabilă să integreze și să armonizeze principii și probleme hidrologice, tehnice, sociale și economice. Din această necesitate s-a născut *conceptul de amenajare complexă și integrală a bazinelor hidrografice torențiale*, iar mai recent *conceptul de control integrat al bazinelor hidrografice torențiale*.

3. În acord cu această evoluție, bazinul hidrografic a încetat să mai fie tratat doar ca o simplă suprafață de teren de pe care o anumită formațiune hidrologică (fluviu, râu, pârâu, torent etc.) își colectează apele. Astăzi, din ce în ce mai mulți specialiști aderă la ideea că bazinul hidrografic este o parte componentă a ecosferei, o unitate cu trăsături distincte a peisajului geografic, un rezervor inepuizabil al resurselor naturale, un autentic depozitar al biodiversității.

Tot mai mult teren câștigă și opinia potrivit căreia *bazinul hidrografic*, în general, și *bazinul torențial amenajat*, în special, poate (și trebuie) să fie adoptat ca *unitate pentru monitorizarea mediului*.

4. Dat fiind caracterul tradițional forestier al activității, monitorizarea bazinelor hidrografice torențiale din zona de deal și munte, ca subsistem specific de monitorizare a mediului, ar trebui să integreze (și) sfera problemelor de supraveghere forestieră. Pe această cale, monitorizarea din domeniu va câștiga noi valențe și va putea pune la dispoziție date și informații mai cuprinzătoare, care ar putea fi utilizate atât pentru fundamentarea strategiilor de dezvoltare durabilă a pădurilor cu funcții multiple, cât și pentru valorificarea la scară regională, națională și europeană, a prognozelor și sintezelor hidrologice.

5. Față de concepția „clasică” a corectării torenților, care lăsa pe un plan secundar latura preventivă a intervențiilor, *concepția modernă de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale a adus în prim plan tocmai această latură, îndreptând atenția în primul rând asupra cauzelor fenomenelor de degradare și torențialitate și nu asupra înlăturării consecințelor pe care aceste fenomene le provoacă.*

De aici și cele două particularități importante ale amenajării bazinelor hidrografice torențiale: *integralitatea și complexitatea acțiunii*, la scara fiecărui bazin în parte.

6. Odată cu orientarea din ce în ce mai pregnantă către această concepție, profesorul Stelian Munteanu a devenit un ferm adept și promotor al dezvoltării studiilor și cercetărilor complexe, multi- și interdisciplinare, realizate prin cooperarea specialiștilor din diferite sectoare și de la diferite discipline.

Colectivul mixt pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale a reprezentat cadrul organizatoric adecvat pentru a încuraja astfel de interferențe și a le materializa în conținutul primelor studii de amenajare complexă și integrală a unor bazine hidrografice torențiale de la noi din țară (Clinciu et al., 1998). Lucrările realizate pe teren cu această ocazie, cu deosebire cele de pe Valea Tărlungului, constituie, și astăzi, un important laborator în natură destinat activităților didactico-aplicative ale studenților, culegerii de date pentru proiectele de an și de diplomă, activităților de cercetare științifică.

7. Trecerea de la amenajarea complexă și integrală – așa cum a fost denumită și definită acțiunea pe vremea profesorului Stelian Munteanu – la „*amenajarea integrată participativă*”, prin contribuția activă a populației locale și a tuturor actorilor cheie la proiectarea, executarea și monitorizarea lucrărilor, se consideră a fi astăzi cea mai potrivită abordare pentru *gestionarea durabilă a resurselor regenerabile și neregenerabile din ariile montane*, cu beneficii nu doar pentru locuitorii din spațiile altitudinale superioare ci și pentru populația de la câmpie.

Încercări de promovare a conceptului au fost identificate în diferite proiecte de amenajare, prin împuternicirea deținătorilor de terenuri de a planifica și implementa activități corespunzătoare, precum și prin înființarea de agenții specializate în domeniu (unități sau divizii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale), unde participarea din partea comunității, a deținătorilor de terenuri și a fermierilor, a continuat și după încheierea aplicării proiectelor de amenajare.

8. Primi pași importanți către explicarea conținutului noului concept de amenajare s-au făcut la cea de a 21-a Sesiune a Grupului de lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane, sesiune care s-a



desfășurat, în urmă cu un deceniu (6–9 octombrie 1998), la Marienbad (Republica Cehă).

Având ca temă principală „Amenajarea integrată a bazinelor hidrografice” (*Gestion intégrée des bassins versants; Integrated watersheds management*), sesiunea a evidențiat că *cheia succesului în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din zona de munte se află în mâna celor care dețin și/sau exploatează terenurile, condiția fiind ca și comunitățile locale să fie atrase, antrenate și implicate în această acțiune.*

Prin procesul de „participare locală”, colectivitățile umane care trăiesc și muncesc în bazinele de recepție ale văilor montane (dar și în spațiile altitudinale imediat inferioare) se organizează ele însele și sunt capabile, prin propriile lor autorități și instituții, să-și identifice nevoile și prioritățile și să contribuie (inclusiv financiar) la proiectarea, aplicarea și monitorizarea lucrărilor și activităților care sunt necesare pentru restabilirea echilibrului hidrologic și, implicit, ecologic, al acestor zone.

9. Alegerea celor mai adecvate folosințe și prescrierea celor mai indicate schimbări de folosințe s-au situat și continuă să se situeze, din punctul de vedere al importanței dar și al eficacității hidrologice și antierozionale, printre primele măsuri prevăzute în studiile și proiectele de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Iată de ce, în actualul context al schimbărilor climatice, Institutul pentru mediu și dezvoltare durabilă al Uniunii Europene dezvoltă proiecte de cercetare menite să furnizeze noi fundamente științifice pe această linie și să încurajeze *cele mai bune practici de amenajare.*

Pentru condițiile țării noastre, progresele înregistrate în caracterizarea și clasificarea hidrologică a principalelor categorii de terenuri sunt în măsură să ofere suficiente repere pentru ca *managementul folosințelor din cuprinsul bazinelor hidrografice torențiale să țină seama de protecția hidrologică și antierozională a terenurilor și să furnizeze soluții alternative pentru tot mai complexe și mai costisitoare măsuri „structurale” de restaurare.*

10. Deși pădurile pot contribui eficient nu numai la buna stare ecologică a apelor ci și la protecția generală a mediului, iar ecohidrologia reprezintă cea mai bună cale pentru a lega amenajarea bazinelor hidrografice de ecologie, totuși se recunoaște că silvicultura nu poate face, ea singură, tot ce este necesar pentru o bună reușită în amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale.

Iată de ce, Uniunea Europeană promovează politici de armonizare a „actorilor” la toate nivelurile, una dintre țintele cele mai importante fiind *„menținerea și ameliorarea stabilității ecologice a pădurilor, mai ales acolo unde rolul protectiv al acestora este de interes public și unde costurile întemeierii, menținerii și ameliorării pădurilor depășesc veniturile din silvicultură”.*

11. Formulând atât de sugestiv sintagma „*pădurile montane înseamnă mai mult decât pădurile din cuprinsul munților*”, Pier Carlo Zingari (EOMF) a ținut să sublinieze cât de mult contează pădurile din această zonă altitudinală pentru protecția ambientală generală, pentru succesul întregii activități de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, începând de la munte și până la câmpie.

Dar, de aici, nu trebuie să se înțeleagă că aceste ecosisteme pot constitui un „remediu” universal pentru orice situație (foto 2.10). Pentru evaluarea hazardului în cazul inundațiilor extreme, problema dacă bazinul este sau nu este împădurit nu este așa de importantă, iar *opinia că pădurea ar acționa ca o barieră sigură și împotriva unor astfel de evenimente este, practic vorbind, un mit.*

12. Însăși activitatea de amenajare a torenților – căreia i s-a dedicat în totalitate și care s-a soldat cu urmări evident pozitive pentru silvicultură – a fost concepută și dezvoltată de profesorul Stelian Munteanu ca o activitate inginerescă indisolubil legată de valențele hidrologice și antierozionale ale pădurii. Întregul său sistem de gândire și de creație pe această linie reprezintă o contribuție a școlii pe care o reprezintă la *dezvoltarea și îmbogățirea concepțiilor europene* referitoare la locul și rolul pădurii în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale.

13. Pe de altă parte, îndrăznim să-l considerăm pe profesorul Stelian Munteanu ca pe unul dintre *cei care au gândit în spiritul conceptului actual al dezvoltării rurale durabile*, încă din deceniul al 7-lea al secolului trecut el susținând ideea că amenajarea bazinelor hidrografice torențiale reprezintă o componentă de bază a dezvoltării integrate a zonelor rurale și că rolul pădurii din acest punct de vedere este unul incontestabil.

Dar, deși convins de aportul substanțial al silviculturii la opera de redresare și de punere în valoare a zonelor rurale afectate de dereglaj hidrologic, totuși profesorul nu pleda pentru o dezvoltare montană izolată, ci susținea ca aspectele tehnice, economice, sociale și instituționale ale economiei bazinelor montane să fie examinate în contextul problemelor dezvoltării integrate a acestor zone și să fie privite, în primul rând, din punctul de vedere al posibilităților și mijloacelor forestiere.

14. O previziune științifică care s-a bucurat de validarea timpului este *conceptul de histerezis hidrologic*. Miile de bazine hidrografice mici din zona de deal și munte, care în trecut au fost puternic torențializate prin despădurire, și care, între timp, au fost reîmpădurite (uneori chiar în totalitate!), continuă să alimenteze cu o mare cantitate de aluviuni mai ales viiturile rapide (de tipul *flush-floods*). Cu alte cuvinte, forța curativă a pădurii reinstalate pe versanții bazinelor este importantă dar nu și suficientă pentru a înlătura, pe termen scurt, remanența erozională existentă la nivelul rețelei hidrografice.



Foto 2.10. Pentru o amenajare eficace a bazinelor hidrografice torențiale, *pădurile din zona de munte sunt necesare, dar nu exclusive și nici suficiente*. Sub o altă formă, această idee era exprimată (și) de profesorul Stelian Munteanu, cu peste 30 de ani în urmă, atunci când se referea la *raportul optim de îmbinare dintre lucrările de refacere a vegetației și lucrările hidrotehnice* și când definea principiul *primordialității lucrărilor biologice și biotehnice* în cadrul acțiunii de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale (Foto: Lazăr, 1994 – Munții Pirinei, Spania).

15. Pentru că *hazardele naturale* – hidrologice și geomorfologice – cele mai cunoscute (viituri, inundații, alunecări de terenuri, avalanșe) se produc în spațiul bazinelor hidrografice montane și deoarece monitorizarea evenimentelor naturale de la munte este o componentă definitorie pentru managementul de risc din zona de câmpie, cei mai mulți autori consideră prevenirea și combaterea acestor hazarde ca o parte integrantă a activității de amenajare a bazinelor respective. Strânsa colaborare și conlucrare dintre *Grupul de lucru pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane* din cadrul FAO și *Grupul de lucru pentru controlul hazardelor naturale* din cadrul IUFRO demonstrează tocmai acest lucru.

Pe de altă parte, atenția a tot mai multor cercetători este polarizată, astăzi, în jurul *prevenirii și combaterii viiturilor rapide (flush floods)*, viituri care – pe fondul schimbărilor climatice la nivel global – au început să se manifeste cu o frecvență din ce în ce mai ridicată și în spațiul geografic românesc.

16. În condițiile actuale, când amenajarea bazinelor hidrografice torențiale tinde să devină o *aplicație a managementului resurselor naturale*, o precondiție pentru gestionarea durabilă a acestor resurse, în scopul de a ameliora condițiile de viață pentru locuitorii nu numai din zonele înalte ci și pentru cei din ariile altitudinale inferioare, se vorbește tot mai mult despre o „*solidaritate a populației și o împărțire echitabilă a costurilor și beneficiilor între diverse teritorii*”, precum și despre necesitatea unui *parteneriat aval-amonte și viceversa*. Cu alte cuvinte, locuitorii din amonte trebuie să recunoască drepturile celor din aval referitoare la utilizarea resurselor de apă (de bună calitate și în cantitate suficientă), în timp ce locuitorii din aval trebuie să consimtă, ei înșiși, plata cheltuielilor necesitate de lucrările de amenajare aplicate în amonte.

17. Este unanim acceptat că silvicultura poate contribui la întărirea *coeziunii sociale, economice și teritoriale*, pentru a menține oamenii la ei acasă, ecosistemele montane furnizând un larg evantai de beneficii regiunilor de la altitudini inferioare, iar ariile rurale dezavantajate arătând o clară fezabilitate economică pentru implementarea programelor de reîmpădurire.

18. Prin Centrul Comun de Cercetări al Comisiei Europene a fost elaborată Directiva-cadru asupra apei și sunt în diferite stadii de desfășurare și alte proiecte care răspund necesităților de fundamentare științifică a politicilor de mediu ale Uniunii Europene (O rețea paneuropeană de date privind râurile și bazinele; CIS – sistemul de informații al bazinelor; Rețeaua europeană de bazine de observație), ținta fiind o dezvoltare durabilă la scara Europei.

Prin *Directiva-cadru asupra apei* s-a adoptat un cadru larg și exhaustiv pentru gestionarea durabilă a resurselor de apă și protecția calității apei, pentru toate tipurile de corpuri de apă, fixându-se ca obiectiv ambițios *realizarea unei bune stări a apelor în toate țările membre până la sfârșitul anului 2015*. Printre obiectivele stabilite numărându-se și atenuarea efectelor inundațiilor, este de așteptat ca acest document-cadru,

alături și de alte proiecte ale Comisiei Europene, să dea un nou impuls activității de amenajare a bazinelor hidrografice, cu accentul pus asupra amenajării bazinelor torențiale.

19. Centrarea preocupărilor doar pe aspecte legate de ciclul hidrologic în zona montană – așa cum s-a întâmplat în Anul Internațional al Muntelui – nu mai este astăzi suficientă, mai ales pentru regiuni extreme, unde amenajările trebuie să fie mai cuprinzătoare și să se focalizeze (și) pe aspectele mai puțin abordate până la ora actuală, așa cum sunt, spre exemplu, *stabilitatea albiilor de râu și transportul sedimentelor*.

Pentru o înțelegere mai cuprinzătoare a acestei dinamici și pentru cuantificarea schimbărilor morfologice la nivelul albiilor, sunt necesare observații, măsurători și cercetări sistematice în care, pe lângă tehnologiile clasice cunoscute, se cer utilizate și tehnologii moderne (camere digitale montate pe elicoptere, avioane și scanere stereotehnice etc.).

20. Prin proiectele pilot realizate și aplicate de către FAO în ultimul deceniu, atât în țări europene cât și în țări de pe alte continente, s-au putut desprinde o serie de *învățămintele*, s-au putut formula *recomandări practice* și s-au putut selecta *subiecte de interes major* pentru dezvoltarea viitoarei generații de programe de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale. Totodată, un set de probleme („întrebări-cheie”) au fost trecute pe agenda preocupărilor viitoare.

Importanța participării active a populației locale, ca factor determinant al succesului în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, alături de importanța educației ambientale – esențială atât pentru locuitorii din amonte cât și pentru cei din aval –, se numără printre principalele învățăminte desprinse de FAO în urma acestor aplicații.

Printre provocările cele mai semnificative regăsim utilizarea combinată, silvo-pastorală, a terenurilor din cuprinsul bazinelor hidrografice torențiale, precum și extinderea rețelei de bazine pilot la întreaga scară a Europei.

Ca subiecte de interes major, care necesită investigații viitoare, sunt consemnate:

- Apa, sedimentele și substanțele nutritive, în relație cu amenajarea teritoriului;
- Dinamica procesului de intensificare a folosirii resurselor naturale;
- Cele mai potrivite opțiuni de management al resurselor naturale;
- Abordări multi-instituționale în realizarea și aplicarea programelor de amenajare.

21. În pofida multor incertitudini științifice, a insuficienței studiilor bazate pe interdisciplinaritate, a impactului uman asupra mediului și a schimbărilor climatice globale, analiza comparativă a trăsăturilor fostelor și viitoarelor generații de proiecte în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale ne arată *trendul următoarelor evoluții*:

- De la amenajarea planificată a bazinelor hidrografice torențiale se va trece la *amenajarea colaborativă*; în locul unei acțiuni reglementate și bazată pe intervenție, amenajarea bazinelor hidrografice torențiale va deveni o acțiune bazată pe *precauțiune și prevenție*.

- Vor deveni prevalente *rolurile multiple ale folosințelor* și nu cele singulare, astfel că, în paralel cu practicile forestiere, vor fi încurajate sistemele agrosilvopastorale.

- *Muntele și silvicultura* nu-și vor pierde ci își vor amplifica gradul de importanță, atât prin armonizarea relației biunivoce aval-amonte/amonte-aval cât și prin integrarea silviculturii în dezvoltarea rurală (Giurgiu, 1995, 1998, 2004); chiar și astăzi, ideea că amenajarea integrată a bazinelor hidrografice torențiale poate constitui „un vehicul adecvat nu doar pentru conservarea ambientală, ci și pentru ameliorarea vieții rurale” este unanim acceptată.

- În loc de informarea populației locale va prevala implicarea acesteia, iar de la subvențiile furnizate de organismele guvernamentale se va trece la întărirea subsidiarității și solidarității.

- Ținta cercetării științifice va fi în mod prevalent *multidisciplinară*, iar cooperarea nu va mai fi bilaterală ci *multilaterală*.

22. Printre așteptările pe care le are FAO de la noua generație de proiecte și programe pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale se mai numără și aceea ca *universitățile și asociațiile profesionale* să se implice mai mult în *construcția instituțională* dedicată acestui domeniu de activitate.

23. Pe baza experienței câștigate în ultimul deceniu, Organizația Națiunilor Unite pentru Alimentație și Agricultură-FAO previzionează următoarele scenarii :

- De la *tratarea simptomelor* degradării bazinului (despădurire, eroziune, colmatare etc.) se va trece la identificarea și *tratarea cauzelor* care provoacă degradarea bazinului (sărăcia, creșterea populației, folosirea improprie a terenurilor agricole și a pădurilor etc.).

- Accentul se va pune pe motivarea și determinarea participării *tuturor deținătorilor de terenuri*, precum și pe adaptarea dezvoltării programelor de cercetare la nevoile locale.

- Amenajarea va deveni sustenabilă pentru *folosințe multiple* (resurse naturale, regenerabile și neregenerabile), prin combinarea dezvoltării resurselor de apă cu sisteme de producție care sunt compatibile pentru utilizarea economică a terenurilor.

24. Întreaga evoluție a evenimentelor, ca și trendul de schimbare, confirmă atât *viziunile* cât și *previziunile științifice ale profesorului Stelian Munteanu*, care, încă de la primele participări la sesiunile Grupului de lucru FAO, dar mai ales la sesiunea a 10-a de la München (1970), a subliniat că nu există o singură soluție de urmat în restabilirea echilibrului hidrologic și vegetal al bazinelor mici, din zona de munte, și că aplicarea doar a soluțiilor devenite clasice, bazate pe abordări monodisciplinare, nu va mai corespunde în perspectivă.

Încă de atunci s-a apreciat că sunt necesare cunoștințe (deci și intrări) multiple de: hidrologie, hidraulică, meteorologie, geologie, geomorfologie, pedologie, silvicultură, amenajarea pădurilor etc. și că doar cu mijloace multi- și interdisciplinare și cu participare multisectorială poate fi asigurat succesul programelor de amenajare.

25. În sfârșit, faptul că întreaga construcție teoretică clădită pe vremea și cu aportul regretatului profesor Stelian Munteanu (foto 2.11), al celorlalți participanți la activitățile Grupului de lucru, se regăsește, în esența ei, încorporată în mare parte în noua generație de programe și proiecte în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale, se constituie în cel mai ales *omagiul adus acestei înalte personalități a științei silvice românești și europene.*

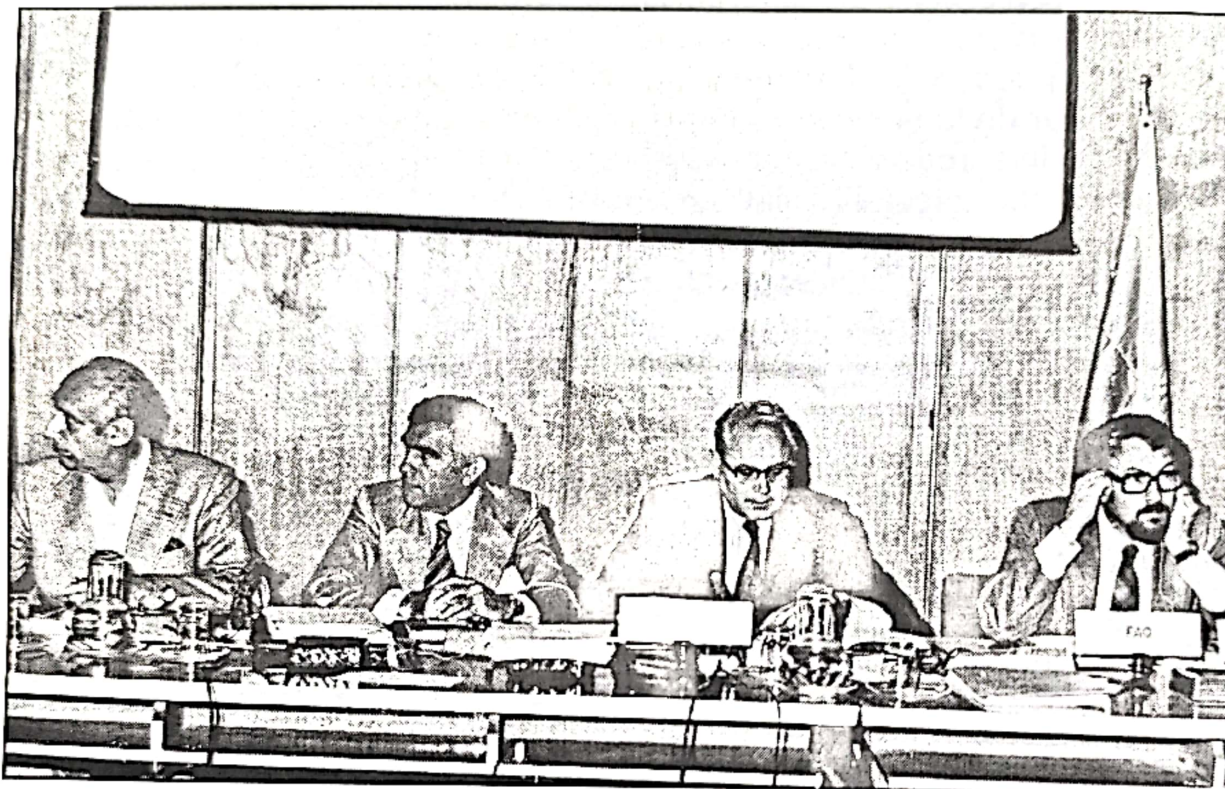


Foto 2.11. Profesorul Stelian Munteanu (al doilea din dreapta) conducând, în calitate de președinte, lucrările celei de a 11-a sesiuni a Grupului de lucru FAO pentru amenajarea bazinelor hidrografice montane (Ankara-Turcia, 3-14 iunie 1974).

BIBLIOGRAFIE

- Achouri, M., 2005, *Preparing for the next generation of watershed management programmes and projects*. Proceedings of the European Regional Workshop, Megève-France. FAO&EOMF. Printed in Italy. Copyright FAO, pp. 11-18.
- Apostol, Al., Munteanu, S.A., 1949, *Ameliorarea terenurilor degradate și corecția torenților*. Îndrumările tehnice în silvicultură (Partea a IV-a). Editura de Stat, București, pp. 301-448.
- Apostol, Al., 1972, *Cartarea hidrologică calitativă a arboretelor*. Manuscris, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice București.
- Audrechy, D., 2001, *Vivre en montagne avec les risques naturels* (Guide). Restauration des terrains en montagne. Imprimerie Gutenberg, 43 p.
- Borelli, S., 1998: *Integrated watersheds management-concepts and approaches*. Working Party on Management of Mountain Watersheds. Twenty-first Session, Marienbad-Czech Republic.

THE SCIENTIFIC VISIONS AND ANTICIPATIONS OF PROFESSOR STELIAN MUNTEANU, IN THE CONTEXT OF THE NEW EUROPEAN CONCEPTS AND PROGRAMMES IN TORRENTIAL WATERSHEDS MANAGEMENT

ABSTRACT

The first part of the paper (§ 2.1–§ 2.4) is a retrospective one, aiming at describing: the progresses registered over the last decades in the domain of torrential watersheds management; the spirit in which the future projects and programmes will be prepared; and the extent to which the concepts put forward by the FAO Working Party on the Management of Mountains Watersheds, during the presidency of Professor Stelian Munteanu, his direct contribution included, have responded, and still correspond, to the present approaches of torrential watersheds management.

In this first part, the evolution of approaches is examined in two manners:

- Firstly, by a report of the watershed unit, which has stopped to be seen only as a simple terrain surface on which a certain hydrologic form (river, stream, brook, torrent, etc.) collects its waters; it is now treated as a component of the ecosphere, a unit with distinct features of the geographic landscape, an inexhaustible reservoir of the natural resources and an authentic biodiversity deposit. From this context has resulted the opinion, debated and recommended to be applied to all the countries by the third World Water Forum (Japan, 2003), according to which the watershed, generally, and the managed torrential watershed, in particular, can and must be adopted as an unit for environmental monitoring;

- Secondly, by a report of the content and particularities of the management action, first presenting the evolution from the classic concept of torrent correction to the complex and integral conception of torrential watershed management (by pointing out the most remarkable contributions of Professor Stelian Munteanu), and then referring to participatory integrated watersheds management as a new concept, which appeared at the beginning of the millennium.

The second part of the paper (§ 2.5–§ 2.7) approaches a set of four problems of equal importance to the success of the torrential watersheds management:

- The first issue refers to the land use management, seen not only as a protection means, but also as a strategic instrument for the participatory integrated watersheds management (including the planning policies);

– The second problem refers to the protection and the preservation of mountain forests, these being considered as a basic strategy in torrential watersheds management, even though we cannot consider it as a heal-all, for any situation. In other words, for an effective torrential watersheds management, the forests in the mountain area are important but not exclusive nor self-sufficient. Professor Stelian Munteanu also expressed this idea over 30 years ago, when he referred to the most suitable joining connection between the works of vegetation restoration and hydrotechnical works, and also to the primacy of biological and biotechnical works during the torrential watersheds management;

– The third problem refers to natural hazards control, as a component of the participatory integrated watersheds management the monitoring of natural events in the mountainous area being a defining characteristic for the risk management in the plains area;

– Finally, the fourth problem refers to the territorial solidarity and to the upstream- downstream (and downstream-upstream) partnership; these requirements, more acknowledged nowadays, underline that people living upstream must recognize the rights of those living downstream referring to the use of water resources (of good quality and in sufficient quantity), while people living downstream must consent, themselves, to the payment of the expenses necessary for the management works carried out upstream.

In the last part of the paper (§ 2.9–§ 2.11), after presenting briefly the European Commission's main projects, which can sustain the amplification of the torrential watersheds management programmes (among those there is also the Water Framework Directive), some of the still neglected aspects in Europe's research referring to torrential watersheds are underlined. Finally, the paper will address:

– the future most significant challenges, which must be assumed by both international agreements and the European Union;

– the key-strategic elements to build the new generation of programmes and projects in the torrential watersheds management, seen especially from the forest and forestry point of view;

– the main areas of interest that need future investigations;

– the evolutions and the scenarios forecast as possible, on the basis of the experience gained after preparing and launching the new generation of programmes, by the FAO–Food and Agriculture Organization.

The paper, on the whole, demonstrates that torrential watersheds management has become one of the central themes in environmental policy and also that this mostly forest activity has turned into one of the most important vectors of sustainable societal development, in Europe and in the whole world as well.

Even though the theme's approach is not perfectly correlated yet with the development necessities, and some of the constraints signaled two decades ago are still prevalent today, it is nevertheless appreciated that the trend continues and there are chances for the participatory integrated watersheds management to become more and more feasible.

In conclusion, the fact that the whole theoretical construction, which was built with the contribution of the late Professor Stelian Munteanu and of the other participants in the FAO Working Party on the Management of Mountains Watersheds, is incorporated, in its essence, in the new generation of programmes and projects, in the domain of torrential watersheds management, represents the most distinguished homage given to this high personality of the Romanian and European forest science.

Key words: watershed; torrential watersheds management; participatory integrated watersheds management; mountain forests, land use, Water Framework Directive.

3. AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE, ACȚIUNE IMPORTANTĂ DE PROTECȚIE A MEDIULUI

RADU GASPAR¹

3.1. PROCESE TORENȚIALE ȘI PROCESE EROZIONALE

Bazinele hidrografice torențiale se caracterizează prin scurgerea rapidă a apelor de precipitații pe versanți, concentrarea în șuvoaie și cumulara lor într-un timp minim în rețeaua hidrografică, unde dau naștere viiturilor de mare intensitate – fenomen tipic de manifestare a proceselor torențiale.

Viiturile se află la originea inundațiilor și a proceselor erozionale, a destabilizării mediului și a numeroaselor prejudicii aduse economiei naționale. La rândul lor, *procesele erozionale*, care constau din eroziuni, transport și sedimentare de aluviuni, se produc atât pe versanți cât și pe albi.

Pe versanții plani au loc eroziuni superficiale, dar și de profunzime – sub formă de rigole, ogașe și ravene – care, după conectare la rețeaua hidrografică, se integrează în aceasta. *Pe albi și pe malurile aferente* are loc întreaga gamă de procese erozionale: eroziuni, depuneri și deplasare de aluviuni, surpări și alunecări de maluri, albiile fiind astfel degradate și transformate în terenuri nude și instabile, fără sol și fără vegetație, dovadă certă a *torențializării rețelei hidrografice*, de altfel singurul indiciu, în perioadele dintre viituri, al caracterului torențial al bazinului hidrografic.

Este de subliniat faptul că în timp ce procesul de degradare a albiilor se poate produce în timpul uneia sau a câtorva viituri torențiale, procesul de consolidare și stabilizare a albiilor necesită decenii de intervenție cu lucrări hidrotehnice și de refacere a vegetației, cu un decalaj evident față de ameliorarea prin împădurire a terenurilor degradate de pe versanți – fenomen cunoscut sub denumirea de *histerezis hidrologic torențial* (Munteanu, Clinciu, 1980).

Procesele torențiale și cele *erozionale* sunt generate de ploile agresive și de topirea bruscă a zăpezilor, în condițiile unui relief având pante pronunțate și a unui substrat litologic friabil. Geneza acestor procese, ca și necesitatea amenajării bazinelor hidrografice torențiale, sunt strâns legate de explozia demografică din zona dealurilor și a munților mici și mijlocii, de intensificarea exploatărilor forestiere și a terenurilor agricole,

¹ Doctor inginer, membru de onoare al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură.



dar și de amplificarea activității din domeniul construcțiilor de diverse feluri (drumuri, căi ferate, locuințe, diverse amenajări etc.), multe dintre acestea fiind amplasate fără discernământ chiar în zona expusă viiturilor. O primă consecință a acestei situații a constat în *degradarea hidrologică a vegetației și a solului*, determinată de înlocuirea unor folosințe cu altele având un potențial hidrologic mai redus (în principal înlocuirea pădurii prin pășuni și terenuri arabile), prin care s-a diminuat capacitatea vegetației, de retenție superficială a precipitațiilor, și a solului, de acumulare a apei în timpul viiturilor – având ca efect direct intensificarea scurgerii rapide a apelor la suprafața terenului.

Procesul de degradare a albiilor și de torențializare a rețelei hidrografice a fost influențat în continuare de doi factori, primul fiind *oscilația nivelului de bază*, de la confluența albiei principale cu emisarul, care a determinat natura degradărilor – eroziuni în cazul coborârii nivelului de bază și sedimentări în cazul înălțării acestuia; cel de al doilea factor, prezent în majoritatea bazinelor, a constat în *circulația oamenilor, animalelor și atelajelor pe albi*, dar în special în *transportul buștenilor* prin târâre pe albi, care a avut ca rezultată destabilizarea albiilor, distrugerea vegetației și a echilibrului precar instalat pe aceasta, având ca urmare intensificarea procesului de torențializare a rețelei hidrografice.

După un studiu întocmit de Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS) în anul 1975, suprafața bazinelor hidrografice mici, torențiale, era de aproape două milioane de hectare iar lungimea rețelei de albi degradate (din aceste bazine) de circa 29 000 km (Costin *et al.*, 1975).

Cele mai *avizate la torențializare* sunt bazinele mici, cu suprafața de ordinul zecilor sau sutelor de hectare; acestea pot fi acoperite integral de aversele de scurtă durată, dar de mare intensitate (fenomen mai rar în cazul bazinelor mari), pot concentra în limitele bazinului superior din care fac parte, o proporție mai mare de terenuri degradate decât bazinele mai mari înscrise în același bazin superior și, în fine, au panta talvegului principal cu atât mai pronunțată cu cât suprafața lor este mai mică. Din aceste considerente, suprafața bazinelor torențiale, care fac obiectul amenajării, se limitează de regulă la 2 000 ha, la care corespunde o lungime a talvegului principal de circa 10 km, peste această lungime fiind, în general, necesare și lucrări de regularizare a albiilor.

În realitate, toate bazinele hidrografice sunt *potențial torențiale*, fiind suficient ca factorul declanșator al viiturilor, precipitațiile, să depășească anumite cantități, pentru a avea loc manifestări torențiale. Torențialitatea unui bazin poate fi un fenomen accidental, dacă el este acoperit de păduri cu un potențial hidrologic ridicat, respectiv un fenomen relativ permanent, dacă folosințele din acest bazin sunt degradate hidrologic.

După cele mai recente estimări (Mihaiu, 1998; Giurgiu, 1998), circa 60% din rețeaua hidrografică a României are un puternic caracter torențial, eroziunea pluvială afectează peste 6 milioane de ha (din care peste 900 000 cu eroziune foarte puternică și excesivă), iar alunecările de teren sunt

active pe aproximativ 700 000 ha. Pentru a contracara această situație, atât sectorul forestier cât și cel agricol sunt *angrenate în amenajarea a numeroase bazine torențiale*, care produc importante prejudicii economice și sociale. Astfel, numai sectorul forestier a intervenit cu împăduriri și lucrări hidrotehnice de corectare a torenților, în ultimii 50 de ani, în aproape 3 200 bazine hidrografice mici, torențiale (Oprea *et al.*, 1996), care se întind pe o suprafață de peste 980 000 ha (circa 4% din suprafața țării), din care în fondul forestier 669 000 ha. Cele mai multe dintre aceste bazine hidrografice torențiale sunt concentrate în spațiul geografic drenat de următoarele râuri: Olt (769 bazine, cu 180 000 ha), Siret (681 bazine, cu 290 000 ha), Mureș (383 bazine, cu 80 000 ha), Argeș (323 bazine, cu 73 000 ha), Crișuri (185 bazine, cu 55 000 ha) și Ialomița (183 bazine, cu 50 000 ha). *Rețeaua hidrografică* din cuprinsul acestor bazine are o lungime de 18 166 km, fiind pe circa 10% afectată de intense procese erozionale, pe 12% puternic torențializată, iar pe restul de 78% manifestând o pregnantă predispoziție la torențialitate.

Pentru a stabili *gradul de torențialitate* al bazinelor mici, în curs de amenajare, a fost adoptată o metodologie adecvată (Gaspar 1967, 1970), după care aceste bazine se pot încadra în 10 clase de torențialitate, din care în prima clasă se includ bazinele cu o torențialitate neînsemnată, iar în ultima (cea de a zecea) bazinele cu o torențialitate foarte mare. Indicatorii folosiți în acest scop au fost, pentru *scurgerea lichidă*, *debitul teoretic de viitură*, având probabilitatea de apariție de 1%, evaluat printr-o metodă de tip izocron, iar pentru *scurgerea solidă*, *eroziunea specifică medie anuală*, determinată în funcție de cantitățile de aluviuni reținute într-o perioadă de mai mulți ani de către lucrările hidrotehnice transversale executate într-o serie de bazine reprezentative.

Gradele de torențialitate stabilite pentru bazinele mici, în raport cu *scurgerea lichidă*, au fost cuprinse între gradul 2 și gradul 8, fără ca în prima clasă, dar nici în clasele 9 și 10, să se înscrie vreun bazin. Gradele de torențialitate stabilite în funcție de transportul de aluviuni au fost incluse, majoritatea, în clasa a patra, dacă eroziunea specifică s-a obținut prin raportarea producției de aluviuni la suprafața bazinului (revenind între $2-4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) și în clasa a cincea, dacă aceasta s-a raportat la lungimea rețelei hidrografice degradate (revenind între $500 \text{ și } 760 \text{ t} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) (Gaspar, 1970; Gaspar, Clinciu, 2007).

3.2. SCURT ISTORIC AL ACTIVITĂȚII DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE DIN ROMÂNIA

Din cauza spațiului grafic redus, acest capitol este redactat în mod succint. De altfel, contribuțiile înaintașilor noștri au fost prezentate detaliat de mai mulți autori: Munteanu *et al.*, 1985; Clinciu, Lazăr, 1992; Melanica Urechiatu, 1995 ș.a.

3.2.1. EVENIMENTE REMARCABILE CARE S-AU REFLECTAT ÎN DINAMICA PROCESELOR TORENȚIALE

a. *Pacea de la Adrianopol (1929)*. Aceasta a dat impuls comerțului cu lemn și cu cereale determinând astfel intensificarea defrișării pădurilor și a extinderii, în locul lor, a culturilor agricole.

b. *Reforma agrară din anul 1964*, inițiată de Cuza Vodă, a dus la împrăștierea țăranilor cu 1 766 000 ha, multe dintre acestea fiind păduri care au fost defrișate și înlocuite cu pășuni și terenuri arabile.

c. Apariția primului *Cod Silvic Român (1881)* a adus o serie de reglementări privind exploatarea pădurilor.

d. Înființarea *Societății „Progresul Silvic” (1886)*, ai cărei membri au avut o poziție fermă privind împădurirea terenurilor degradate, care nu mai puteau avea o altă utilizare, și au militat pentru emiterea unei legi în acest sens.

e. Înființarea *Căsei Pădurilor (1910)* având între obiective extinderea pădurilor pe terenurile ruinate.

f. *Tratatul de la Trianon (1920)*, cu obligații de amenajare a afluenților râului Tisa, care provocau inundații.

g. *Reforma agrară din anul 1921*, după încheierea primului război mondial, a dus, în continuare, la reducerea fondului forestier.

h. *Legea ameliorării terenurilor degradate (LATD) din anul 1930* a creat cadrul legal pentru constituirea „perimetrelor de ameliorare”, formate din două zone, prima „de consolidare”, în care se puteau executa lucrări de împădurire și lucrări de consolidare (cleionaje, gardulețe, praguri din zidărie uscată etc.) și a doua „de apărare” – în care se prevedeau măsuri de restricție a folosințelor. Această lege a constituit o victorie a Societății „Progresul Silvic”, după o campanie de peste 20 de ani.

i. *Înființarea Institutului de Cercetări și Experimentări Forestiere (1933)*, care avea și un compartiment pentru corectarea torențelor și ameliorarea terenurilor degradate și, ulterior, de hidrologie forestieră.

j. *Legea apărării patrimoniului forestier (204/1947)* care stabilea termenul de patru ani pentru împădurirea terenurilor degradate.

k. *Înființarea centrelor de corectare a torențelor (1948)* într-o serie de bazine hidrografice afectate de puternice manifestări torențiale (B.H. Oltul mijlociu, B.H. Argeș, B.H. Ialomița-cu Prahova, B.H. Buzău, B.H. Putna, B.H. Bistrița ș.a.).

l. *Înființarea Institutului de Proiectări Silvice (I.P.S., 1951)*, cu o secție de amenajare a pădurilor și una de corectare a torențelor.

m. Redimensionarea și dezvoltarea *disciplinei de corectare a torențelor* din învățământul superior (1950).

n. *Înființarea Întreprinderii de Corectare a Torențelor și de Ameliorare a Terenurilor Degradate (I.C.T.A.T.D., 1952)*.

o. *Planul de electrificare a țării (1950)* a introdus în lista obiectivelor de protejat lacurile de acumulare.

p. *Planul național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice din România (Legea 1/1976)*, care a prevăzut... „sistematizarea

pe baze moderne a întregii rețele hidrografice..., amenajarea corespunzătoare a fiecărui bazin hidrografic”.

r. Reducerea drastică a fondurilor alocate lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale (1990).

3.2.2. PREOCUPĂRI ȘI OBIECTIVE ALE ACTIVITĂȚII DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

a. *Într-o primă etapă* (începând de la jumătatea secolului al XIX-lea), în urma amplexării deosebite pe care a luat-o defrișarea pădurilor și a transformării lor în terenuri agricole, o serie de personalități din țara noastră au depus eforturi susținute pentru crearea unei opinii publice privind consecințele dezastruoase ale dispariției pădurilor, cum sunt înmulțirea viiturilor torențiale și a inundațiilor, erodarea și alunecarea unor terenuri, periclitarea căilor de comunicație și a așezărilor omenești; întrucât *pădurea nu reprezintă numai principalul furnizor de lemn, ci și cel mai important mijloc de protecție a solului și de regularizare a apelor*, singura soluție constă în oprirea înlăturării pădurilor de pe terenurile în pantă și în împădurirea terenurilor degradate.

b. *Într-o a doua etapă* (aproximativ după înființarea Societății „Progresul Silvic”) s-a militat pentru crearea unui cadru legal privind împădurirea terenurilor degradate și corectarea torenților, considerată problemă de interes național, etapă încheiată în anul 1930 odată cu apariția Legii de Ameliorare a Terenurilor Degradate (LATD..).

c. *Într-o a treia etapă* (1930–1950) s-a trecut la aplicarea LATD, respectiv la identificarea terenurilor degradate și la constituirea „perimetrelor de ameliorare” pe comune, la împăduriri în „zona de consolidare” și la încercări de amenajare, unele reușite, ale formațiunilor erozionale incipiente (ogașe și ravene), folosind în acest scop pragurile din cleionaje simple și duble și din zidărie uscată, precum și gardulețele pentru consolidarea malurilor și a versanților instabili. Într-o măsură mai mică, s-a recurs la baraje din zidărie cu mortar sau din beton, pentru corectarea unor formațiuni torențiale care periclita diverse obiective.

d. *În etapa a patra* (începând din anul 1951), acțiunea de combatere a proceselor torențiale și erozionale a fost organizată pe bazine hidrografice, fiind alocate fonduri de investiții importante din bugetul statului, într-o primă perioadă (înainte de 1970) sub denumirea de „corectare a torenților și de ameliorare a terenurilor degradate” (C.T. și A.T.D.) și ulterior (după anul 1970) de „amenajare a bazinelor hidrografice torențiale” (A.B.H.T.). Au fost avute în vedere toate compartimentele activității; astfel:

În *învățământul superior*, la Facultatea de Silvicultură, a fost înființată Catedra de corectare a torenților.

În *proiectare* a fost înființat Institutul de Proiectări Silvice (I.P.S.–1951), care avea inițial două secții – una de amenajare a pădurilor și alta de corectare a torenților; în perioada imediat următoare au fost elaborate instrucțiuni de proiectare și normative.

Pentru *execuția lucrărilor* a fost înființată o întreprindere specializată în lucrări de corectare a torenților (I.C.T.A.T.D.–1952) care, mai târziu, a fost descentralizată și a preluat și construirea de drumuri forestiere.

Cercetarea științifică a cunoscut o amplificare deosebită, hidrologia forestieră extinzându-se și asupra hidrologiei torenților și a lucrărilor hidrotehnice de corectare a torenților. În plus, de la cercetările de hidrologie forestieră realizate punctual și/sau pe mici parcele experimentale, s-a trecut, începând din anul 1964, la cercetări hidrologice complexe, pe bazine hidrografice reprezentative (bazine pilot).

În ceea ce privește construcțiile hidrotehnice, prin colaborarea cu învățământul superior și cu proiectarea, s-a revizuit metodologia de calcul al acestor lucrări și au fost concepute noi tipuri de baraje, mai economice decât cele folosite până în anul 1960, baraje care au fost executate (într-o primă fază, experimental) pe șantierele de corectare a torenților.

În această etapă (a patra) au fost executate majoritatea lucrărilor hidrotehnice de corectare a torenților, existente.

e. *Etapă a cincea* a început în anul 1990. Reducerea dramatică a investițiilor a afectat profund sectoarele de cercetare științifică, de proiectare și de execuție.

3.2.3. DISTINȘI SILVICULTORI (TRECUȚI ÎN ETERNITATE) CARE AU EVIDENȚIAT ROLUL DE PROTECȚIE AL PĂDURII ȘI AU MILITAT PENTRU AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE¹

Înainte de anul 1950

P.S. Antonescu-Remuși, Th. Bălănică, I.A. Candiani, V. Cânu-Munteanu, Gh. Crăciunescu, Valeriu Dinu, Marin Drăcea, Aurel M. Eliescu, C.P. Georgescu, Er. C. Gheorghiu, D. Grozescu, At. Haralamb, P. Ioan, G. Orăscu, Th.G. Pietraru, V. Precup, D. Ruscescu, G. Stătescu, V. Stinghe, D. Tănăsescu ș.a.

După anul 1950

P. Abagiu, B. Alexa, Al. Apostol, C. Arghiriade, Gh. Bădescu, C.D. Chiriță, I. Ciortuz, A. Costin, N. Lazăr, S.A. Munteanu, D. Teju, C. Traci ș.a.

3.3. CONCEPȚIA ACTUALĂ DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Actuala concepție de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale a fost schițată în anii 1956–1959 (Gaspar, Mătăsaru, 1956; Gaspar, Apostol, 1959) și s-a cristalizat în deceniile următoare în proiectele de amenajare a

¹ Citați în ordine alfabetică.

bazinelor hidrografice torențiale (Clinciu, Lazăr, 1999). Această acțiune este o acțiune complexă și de lungă durată, care se aplică asupra întregului bazin hidrografic torențial și care vizează combaterea proceselor torențiale și erozionale, inclusiv consolidarea surselor active de aluviuni, apărarea și refacerea mediului, precum și protejarea obiectivelor periclitate de viituri. Ea recurge, în acest scop, la un ansamblu de lucrări biologice (în special împăduriri și înierbări), lucrări agrotehnice și lucrări hidrotehnice și la o serie de măsuri organizatorice și presupune cooperarea tuturor factorilor implicați (Munteanu *et al.*, 1991, 1993).

La baza acestei concepții se află *principiul organizării hidrologice și antierozionale a teritoriului*, conform căruia fiecare porțiune de teren din bazinul hidrografic se afectează (teoretic) folosinței optime din punct de vedere hidrologic și antierozional. Se consideră optimă folosința care reduce cel mai mult stratul de precipitații scurs superficial și debitul maxim de viitură, generat de o ploaie de mare intensitate. În majoritatea cazurilor, această folosință este reprezentată de pădurea matură, cu consistență plină și cu litieră. Practic, însă, ținând seama de dificultățile organizatorice și financiare, pe care l-ar atrage adoptarea acestei folosințe și de opoziția deținătorilor de terenuri neforestiere, această organizare se limitează la menținerea folosințelor existente și la ameliorarea lor sub raport hidrologic, prin mijloace specifice, cu excepția terenurilor excesiv erodate sau în alunecare activă de pe versanți, a albiilor degradate și a malurilor limitrofe, care se propun la împădurire, precum și a unor folosințe agricole, evident necorespunzătoare hidrologic sau antierozional (terenuri arabile pe versanți cu pante pronunțate, pășuni puternic degradate etc.), dar asupra cărora s-a căzut de acord cu proprietarii pentru a fi schimbate cu alte folosințe mai eficiente antierozional.

Pentru a se reduce efortul financiar la un moment dat, *lucrările necesare se eșalonează în timp*, se completează periodic și se întrețin permanent. Într-o primă etapă, se *execută plantațiile* care nu necesită lucrări de consolidare pe versanți și treptat și pe albiile și malurile adiacente (foto 3.1), pe măsura consolidării lor cu lucrări hidrotehnice, cu asigurarea unui culoar central de scurgere a apelor de viitură.

La executarea lucrărilor hidrotehnice se folosesc numai materiale rezistente și durabile (zidărie cu mortar de ciment, beton simplu și armat, metal). Sunt excluse lemnul (sub formă de cleionaje sau bușteni) și zidăria uscată (cu sau fără gabioane), exceptând obârșiile unor formațiuni erozionale minore.

Lucrările hidrotehnice transversale (traversele, pragurile și barajele) se execută treptat, din aval spre amonte, pe sectoarele de albiile degradate, după consolidarea nivelului de bază al torentului, printr-un canal sau printr-o lucrare transversală, în lipsa unui prag natural stâncos. *Lungimea unui*

sector de albie amenajat corespunzător unei etape și respectiv lucrările transversale de pe acesta se precizează în funcție de dinamica albiilor, de producția de aluviuni a bazinului și de capacitatea de retenție a lucrărilor preconizate a se construi pe sectorul în cauză. În practică, durata cea mai frecventă adoptată pentru etape, în funcție de formarea aterisamentelor de pe un sector de albie și consolidarea acestuia, este de circa 10 ani, numărul etapelor în care se revine pe o albie torențială fiind stabilit în funcție de lungimea acesteia, de gradul său de degradare și de intensitatea fluxului de aluviuni. Formarea aterisamentelor și susținerea lucrărilor în acest mod este esențială pentru siguranța acestora și consolidarea albiilor care sunt sursele principale de aluviuni. Amplasarea de lucrări transversale, fără existența unui transport de aluviuni suficient de puternic pentru formarea aterisamentelor într-un timp minim, poate avea efecte destabilizatoare asupra albiei amenajate. Plecând de la acest considerent, înălțimea lucrărilor transversale nu depășește de regulă 4–5 m. La extremitatea amonte a unui grup de lucrări executate în una–două etape, se recomandă construirea unui baraj-greblă pentru retenția flotanților.

În ceea ce privește *tipurile de lucrări* sunt recomandate *barajele economice, dar suficient de robuste* pentru a rezista atât la eforturile la care sunt supuse în timpul viiturilor torențiale cât și la alte fenomene care se produc în timp, datorită tranzitului apei și aluviunilor, variațiilor termice, trepidațiilor etc.

Atât pentru construirea lucrărilor cât și pentru repararea, completarea și întreținerea acestora, trebuie asigurat accesul permanent pe vale (întrerupt de lucrările transversale), de preferat printr-un drum amplasat la baza versantului, și nu pe axul văii, cât mai apropiat de acesta, pentru a se evita escaladarea pragurilor și barajelor.

Amenajarea integrală și integrată a bazinului hidrografic obligă, în final, la înverzirea prin împădurire sau înierbare a segmentelor de albie și maluri aferente, consolidate cu lucrări hidrotehnice transversale și canal de evacuare, după prealabila lor rectificare și finisare prin nivelări și taluzări, când poate fi asigurat și un aspect estetic pentru întreaga lucrare.

Acțiunea de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, începută prin împădurirea terenurilor excesiv degradate și prin consolidarea cu lucrări hidrotehnice a sectoarelor de albie degradate, nu se încheie cu ultima lucrare hidrotehnică executată pe acestea, ci continuă prin acțiuni de mărire a potențialului hidrologic al pădurii și al celorlalte folosințe (plantarea golurilor din pădure și mărirea consistenței acesteia, raționalizarea pășunatului etc.). În același timp, intervenția cu lucrări transversale, spre amonte sau pe afluenți, poate continua dacă afluxul de aluviuni de pe sectoarele de albie degradate este suficient de puternic.



a



b

Foto 3.1. Conjugarea lucrărilor hidrotehnice cu lucrările de refacere a vegetației, principiu fundamental în amenajarea bazinelor hidrografice torențiale: a. Taluz de mal consolidat cu anin alb, instalat prin plantare (Foto: Munteanu, 1962). b. Sector de albie torențială amenajată, cu vegetație forestieră instalată în lungul biefurilor dintre baraje (Foto: Clinciu, 1986).

3.4. REALIZĂRI

Punerea în valoare și transformarea unor terenuri nude și neproductive în zonă verde, împreună cu apărarea mediului și protejarea a numeroase obiective de interes local și general (căi ferate, drumuri publice și forestiere-inclusiv poduri și podețe, case și gospodării, terenuri de cultură-agricole și silvice, lacuri de acumulare etc.) se înscriu printre principalele realizări din domeniul amenajării bazinelor hidrografice mici, torențiale. Aceste realizări nu ar fi fost posibile fără determinarea în sectorul de cercetare, din institutul de profil și din învățământul forestier, a parametrilor hidrologici ai bazinelor torențiale și fără fundamentarea pe această bază a unor metode de predicție a acestor parametri, fără elaborarea unor metode de cartare a terenurilor degradate corelate cu soluțiile de împădurire, fără conceperea unor noi tipuri de baraje, mai economice decât cele existente la data respectivă.

3.4.1. BAZINE TORENȚIALE AMENAJATE

În anul 1993, existau în România 3 166 bazine mici, torențiale, aflate în diverse stadii de amenajare, totalizând o suprafață de 983 745 ha (revenind o suprafață medie pe bazin de 310 ha) în care au fost executate de către sectorul forestier lucrări de împădurire a terenurilor degradate și construcții hidrotehnice de corectare a torenților.

Lungimea rețelei hidrografice din aceste bazine este de 18 166 km, din care circa 10% (majoritatea albiei principale) este acoperită de lucrări hidrotehnice. Traversele, pragurile și barajele totalizează 13 496 lucrări, iar canalele de evacuare a apelor de viitură 1 898 lucrări (Oprea *et al.*, 1996).

3.4.2. DETERMINAREA PARAMETRILOR HIDROLOGICI ÎN BAZINE-PILOT

Bazinele-pilot sunt bazine hidrografice mici, reprezentative (sub raportul reliefului, rocilor, vegetației și mărimii), echipate cu aparatură pluviometrică și hidrometrică, în care se fac măsurători permanente asupra precipitațiilor, scurgerii lichide și transportului de aluviuni, la nivelul versanților și al rețelei hidrografice.

*Cercetările de hidrologie forestieră au fost efectuate în patru bazine integral împădurite situate în bazinele Prahova și Timiș (din județul Brașov) (Abagiu *et al.*, 1973) și în nouă bazine mici, torențiale, echipate cu lucrări hidrotehnice de corectare a torenților, cu suprafețe între circa 100 și 700 ha, acoperite în proporție de 18–95% de pădure, situate în bazinele Oltul mijlociu, Putna și Bistrița (Gaspar *et al.*, 1978; Gaspar, Cristescu, 1987).*

3.4.3. CARTAREA TERENURILOR DEGRADATE

Pentru a fi stabilite soluțiile de împădurire (tehnica de pregătire a terenului, asortimentul de specii, lucrările tehnice auxiliare, modul de plantare—direct sau în recipiente etc.) este necesar să se facă o cartare stațională a microterenurilor intens erodate și în alunecare de pe alpii, malurile aferente și de pe versanții limitrofi.

La clasificarea acestor terenuri s-a ținut seama atât de subzona de vegetație, cât și de gradul de eroziune a solului, pe lângă celelalte criterii staționale inclusiv pedologice (Traci, 1985; Untaru, 1975).

3.4.4. ELABORAREA DE METODE DE PREDICȚIE A PARAMETRILOR HIDROLOGICI ÎN BAZINE MICI

Parametrii cei mai importanți, necesari pentru proiectarea lucrărilor hidrotehnice de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale, sunt parametri „ploii de calcul”, de o anumită asigurare, prescrisă de standarde, stratul de precipitații scurs la aceasta în bazinul considerat (inclusiv volumul viiturii), debitul de vârf al viiturii, având probabilitatea de apariție dată, în bazinul respectiv și volumul de aluviuni, erodat și evacuat din bazin, în mediu anual precum și în timpul „ploii de calcul”. Acești parametri pot fi determinați după cum urmează:

a. *Cantitatea de precipitații* corespunzătoare la diverse durate și probabilități ale „ploilor de calcul” poate fi stabilită cu ajutorul metodei grafo-analitice, elaborată de Al. Apostol și inclusă în „Instrucțiunile de proiectare” din anul 1959.

b. Ploaia netă, respectiv stratul de precipitații scurs în timpul unei viituri generată de o ploaie sau de o succesiune de ploi, într-un mic bazin hidrografic, ale cărei caracteristici se cunosc, poate fi estimat cu Metoda Potențialului de Acumulare – MPA (Gaspar, 1997a) (tabelul 3.1).

În vederea înlesnirii operației de interpolare a valorilor $h_{n, 1\%}$, între cele 4 variante de structură a folosințelor (definite în funcție de proporția pădurii în bazinul hidrografic), datele pentru zona pluvială 1 (din raionarea C. Diaconu) privitoare la stratul net de precipitații au fost reprezentate grafic, separat pentru cele patru categorii texturale, în funcție de gradul de împădurire și de durata eficace a ploii de calcul (fig. 3.1), și separat pentru cele 4 trepte ale gradului de împădurire, în funcție de durata eficace a ploii de calcul și de textura solului (fig. 3.2).

Tabelul 3.1

Stratul scurs (net) de precipitații, $h_n, 1\%$, în timpul fragmentului final cu durată de 10 ... 60 minute al ploii de 2 ore având probabilitatea de 1 %, calculat prin MPA (Gaspar, 1997 a), în zonele pluviale 1 și 7 (Diaconu, 1990,) în condițiile specificate în tabel, la panta BH de 35% și la precipitații medii anuale $P_{an} = 800 \text{ mm}$

Structura folosințelor din BH (varianta) Z_M, n_v , medii pe BH	Textura sol (n_e)	Zona pluvială*	Durata ploii de calcul, $t =$ durată eficace, t_e (min)											
			10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	120	
			Stratul scurs (net) de precipitații, $h_n, 1\%$, (mm)											
I Pădure: 0,80 Pajiște: 0,15 Neprod: 0,05 $Z_M = 7,80$ mm $n_v = 0,1273$	NL (0,26)	1	10,1	12,2	13,1	13,7	14,1	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9	
		7	7,7	8,5	9,1	9,4	9,6	9,7	9,8	9,8	9,9	9,9	9,9	
	LN (0,22)	1	16,0	19,3	21,1	22,1	22,9	23,5	23,9	24,2	24,5	24,8	25,1	
		7	12,2	14,0	15,1	15,9	16,4	16,7	17,0	17,2	17,3	17,4	17,4	
	LL (0,19)	1	21,6	26,1	28,9	30,5	31,8	32,8	33,4	34,2	34,6	35,3	36,0	
		7	15,6	18,5	20,1	21,8	22,5	23,0	23,5	24,1	24,4	24,7	24,9	
II Pădure: 0,60 Pajiște: 0,30 Arabil: 0,05 Neprod: 0,05 $Z_M = 6,94$ mm $n_v = 0,115$	AL (0,16)	1	26,6	32,7	36,6	39,3	41,2	42,7	43,8	44,8	45,4	46,5	48,3	
		7	21,3	24,8	27,6	29,4	30,3	32,1	33,2	35,8	34,1	35,4	36,2	
	NL (0,26)	1	11,2	13,4	14,8	15,5	16,1	16,5	16,8	17,0	17,0	17,1	17,2	
		7	8,0	9,7	10,4	10,9	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,5	11,5	
	LN (0,22)	1	17,1	20,5	22,7	23,8	24,8	25,5	26,1	26,5	26,7	27,1	27,4	
		7	13,2	15,3	16,4	17,5	18,1	18,4	18,7	19,0	19,1	19,3	19,4	
III Pădure: 0,40 Pajiște: 0,45 Arabil: 0,10 Neprod: 0,05 $Z_M = 5,45$ mm $n_v = 0,104$	LL (0,19)	1	22,1	27,1	29,9	31,8	33,1	34,2	35,1	35,7	36,3	37,0	37,9	
		7	17,2	20,0	22,0	23,6	24,6	25,2	25,8	26,5	26,7	27,2	27,4	
	AL (0,16)	1	26,9	33,8	37,5	39,9	42,0	43,4	44,6	45,6	46,4	47,7	49,8	
		7	21,9	25,8	28,6	30,8	32,4	33,5	34,1	35,0	35,3	36,8	37,7	
	NL (0,26)	1	12,3	15,5	16,6	17,5	18,1	18,6	18,9	19,1	19,2	19,3	19,6	
		7	9,5	10,6	11,6	12,1	12,4	12,6	12,7	12,8	12,9	12,9	12,9	
	LN (0,22)	1	18,2	22,0	24,3	25,6	26,6	27,4	28,1	28,5	28,9	29,3	29,7	
		7	14,1	16,4	17,7	18,8	19,5	19,9	20,3	20,6	20,7	21,0	21,1	
	LL (0,19)	1	22,7	28,0	30,9	32,9	34,4	35,5	36,4	37,1	37,6	38,3	39,8	
		7	18,5	21,2	23,6	25,2	26,3	27,0	27,6	28,2	28,6	29,3	29,5	
	AL (0,16)	1	27,2	34,2	38,3	40,9	42,9	44,4	45,7	46,7	47,7	49,0	51,3	
		7	23,4	26,7	29,7	32,1	33,6	34,7	35,7	36,6	37,0	38,6	39,7	

Tabelul 3.1 (continuare)

IV Pădure: 0,20 Pajiște: 0,60 Arabil: 0,15 Neprod: 0,05 $Z_M = 4,28$ mm $n_v = 0,0922$	NL (0,26)	1	13,5	16,5	18,3	19,3	20,0	20,6	21,0	21,3	21,5	21,6	21,9
		7	10,6	12,2	13,1	13,8	14,2	14,5	14,7	14,8	14,9	15,0	15,0
	LN (0,22)	1	19,3	23,2	25,8	27,3	28,5	29,4	30,1	30,7	31,1	31,5	32,0
		7	15,1	17,6	19,0	20,3	21,0	21,7	21,9	22,3	22,5	22,9	23,0
	LL (0,19)	1	23,2	28,4	32,0	34,2	35,8	37,0	38,0	38,6	39,2	39,8	41,7
		7	19,5	22,7	25,1	26,9	28,1	28,9	29,5	30,2	30,7	31,5	31,9
	AL (0,16)	1	28,0	35,4	39,2	41,8	43,7	45,3	46,5	47,6	48,6	50,2	52,7
Cantitatea de precipitații, h (mm)		7	23,1	27,4	30,3	32,7	34,4	35,4	36,5	37,5	37,8	39,5	40,7
			35,2	44,8	51,2	56,0	59,2	60,8	64,0	65,6	68,8	72,0	83,2
			30,6	36,7	41,8	45,9	49,0	51,0	53,0	55,1	56,1	59,2	68,3

* Pentru zonele pluviale 2...6, neincluse în tabel, valorile h_n (mm) la $p=1\%$, pot fi obținute cu o formulă stabilită de autor (v. RP nr. 6/2002).

Z_M = capacitatea maximă de retenție; n_v = coeficientul de rugozitate al versanților;

Textură sol: NL – nisipolutoasă; LN – lutolutoasă; LL – lutoasă; AL – argilolutoasă.

Notă: pe ultimele două rânduri este redat stratul de precipitații, h (mm), la asigurarea de 1 %. (Gaspar, 2002)

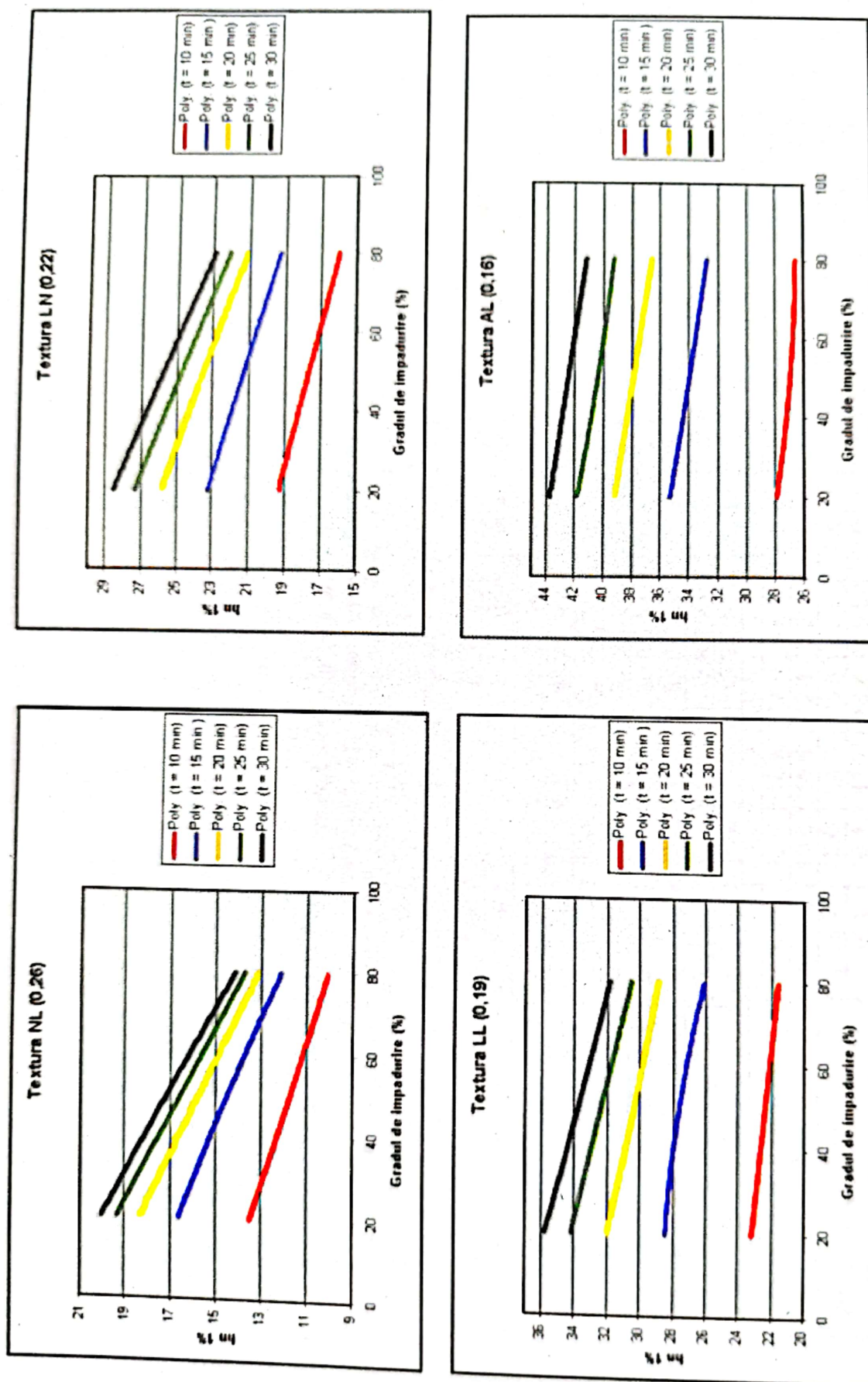


Fig. 3.1. Variația stratului net (scurs) de precipitații, $h_{n1}\%$, în funcție de textura solului, gradul de împădurire și durata eficace a ploii, în zona pluvială 1. Prelucrare după datele publicate de Gaspar, 2002 (Clinciu, 2006).

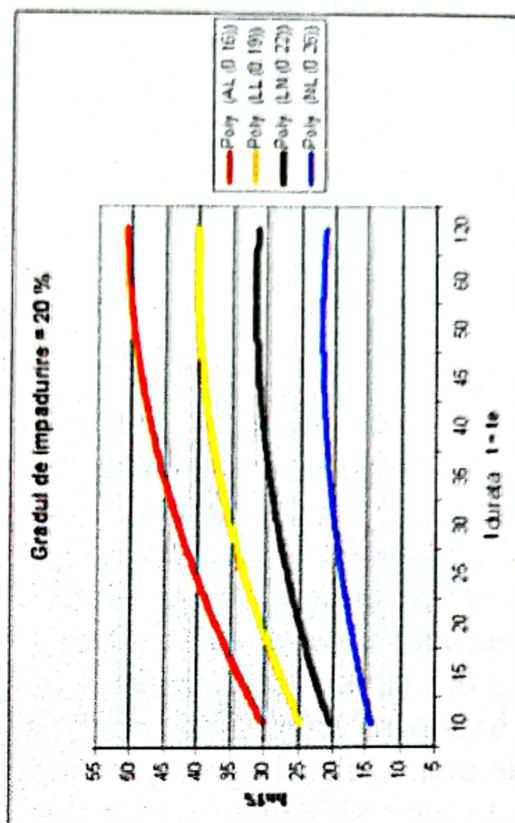
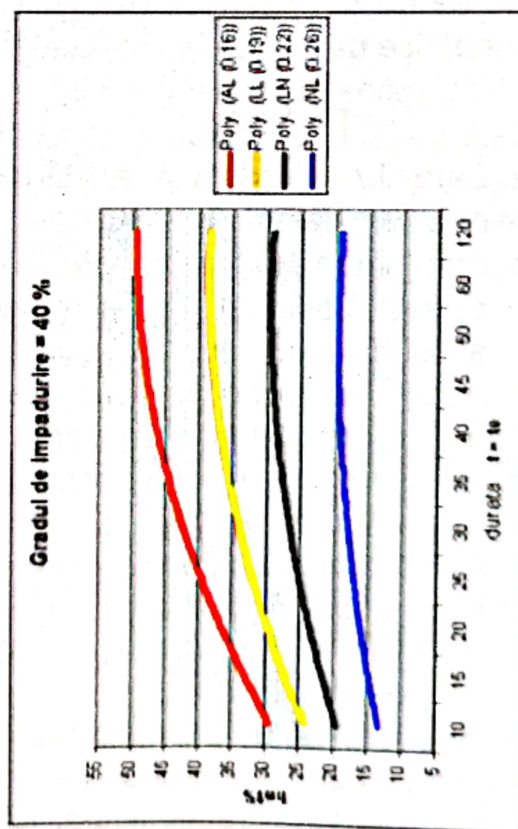
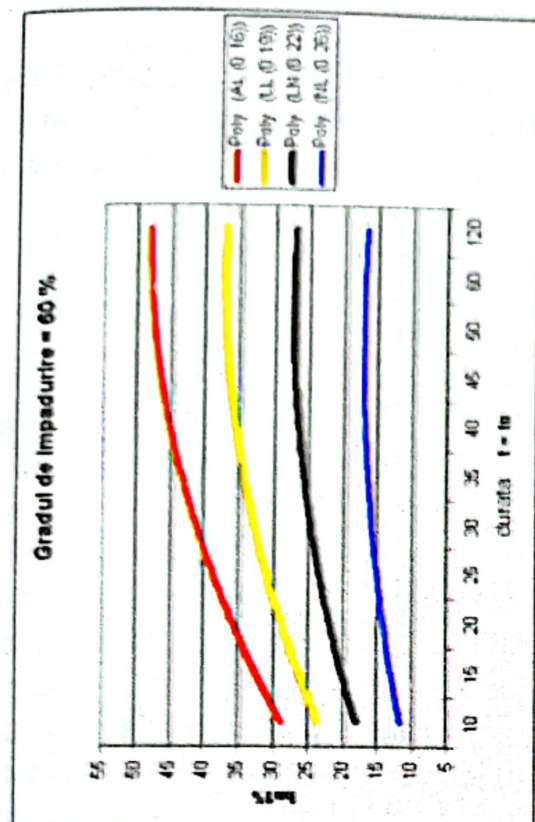
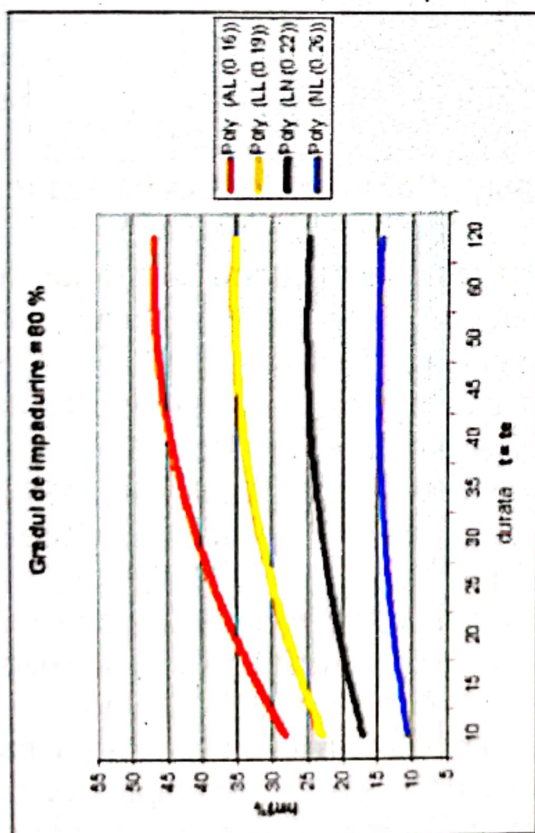


Fig. 3.2. Variația stratului net (scurs) de precipitații, h_m %, în funcție de gradul de împădurire, durata eficace a ploii și textura solului,, în zona pluvială 1. Prelucrare după datele publicate de Gaspar, 2002 (Clinciu, 2006).

c. *Debitul maxim de viitură*, având o anumită probabilitate de apariție, într-un mic bazin hidrografic poate fi evaluat prin Metoda suprafeței active – MSA (Gaspar, 1997b), derivată din metoda izocronelor.

d. *Producția medie anuală de aluviuni* într-un bazin hidrografic de mică suprafață poate fi estimată cu ajutorul metodei propuse de Gaspar și Apostol, bazată pe inventarierea surselor de aluviuni, inclusă în Normativul de proiectare din anul 1964.

3.4.5. CONCEPEREA DE NOI TIPURI, MAI ECONOMICE, DE BARAJE DE CORECTARE A TORENȚILOR

Situarea principalelor surse de aluviuni, din bazinele mici torențiale, la nivelul rețelei hidrografice (surse constituite din albiile degradate și malurile aferente, multe dintre acestea în surpare și alunecare) a condus la folosirea intensă a barajelor, care, prin intermediul aluviunilor acumulate în aterisamente, urmată de împădurirea acestora, constituie principalul mijloc de consolidare a acestor terenuri instabile și de stingere a focarelor de aluviuni din cuprinsul bazinului. Datorită acestei situații, numărul barajelor de corectare a torenților și implicit și volumul total al acestora, au crescut considerabil. De aici a rezultat necesitatea de a se reduce cât mai mult volumul unitar al acestor baraje, fără a le diminua înălțimea, stabilitatea și rezistența. S-a ajuns, astfel, la revizuirea ipotezelor de calcul și la conceperea de noi tipuri de baraje, specifice pentru corectarea torenților, mai economice decât cele existente la data respectivă. Dintre tipurile noi de baraje realizate în țara noastră, după anul 1960, le menționăm pe următoarele:

- a. Barajul cu *fundație evazată* (Gaspar, 1962) construit în câteva mii de exemplare.
- b. Barajul din *plăci nearmate, pe contraforți*, din zidărie cu mortar de ciment sau din beton (conceput de Gologan și Necula, în anul 1968), cu o bună comportare statică.
- c. Barajul din *arce multiple*, monolit sau din blocuri prefabricate de beton (conceput de Gaspar și Cristescu, în anul 1982).
- d. Barajele „*subdimensionate*” de diverse tipuri (Munteanu, 1970; Munteanu et al., 1985; Munteanu et al., 1993; Clinciu, Lazăr, 1992; Clinciu, 2001), cele mai economice (foto 3.2).
- e. Barajul cu *prismă de pământ* (Gaspar 2001, propus într-o primă formă de C. Arghiriade, 1953), robust, cu o structură simplă, ușor de executat.

Aceste tipuri de baraje realizează economii de ordinul a 10–30% (și mai mari în cazul barajelor „subdimensionate”) dacă se face comparația cu barajele de greutate trapezoidale, la care se admit eforturi de întindere, realizate la noi în jurul anului 1960.

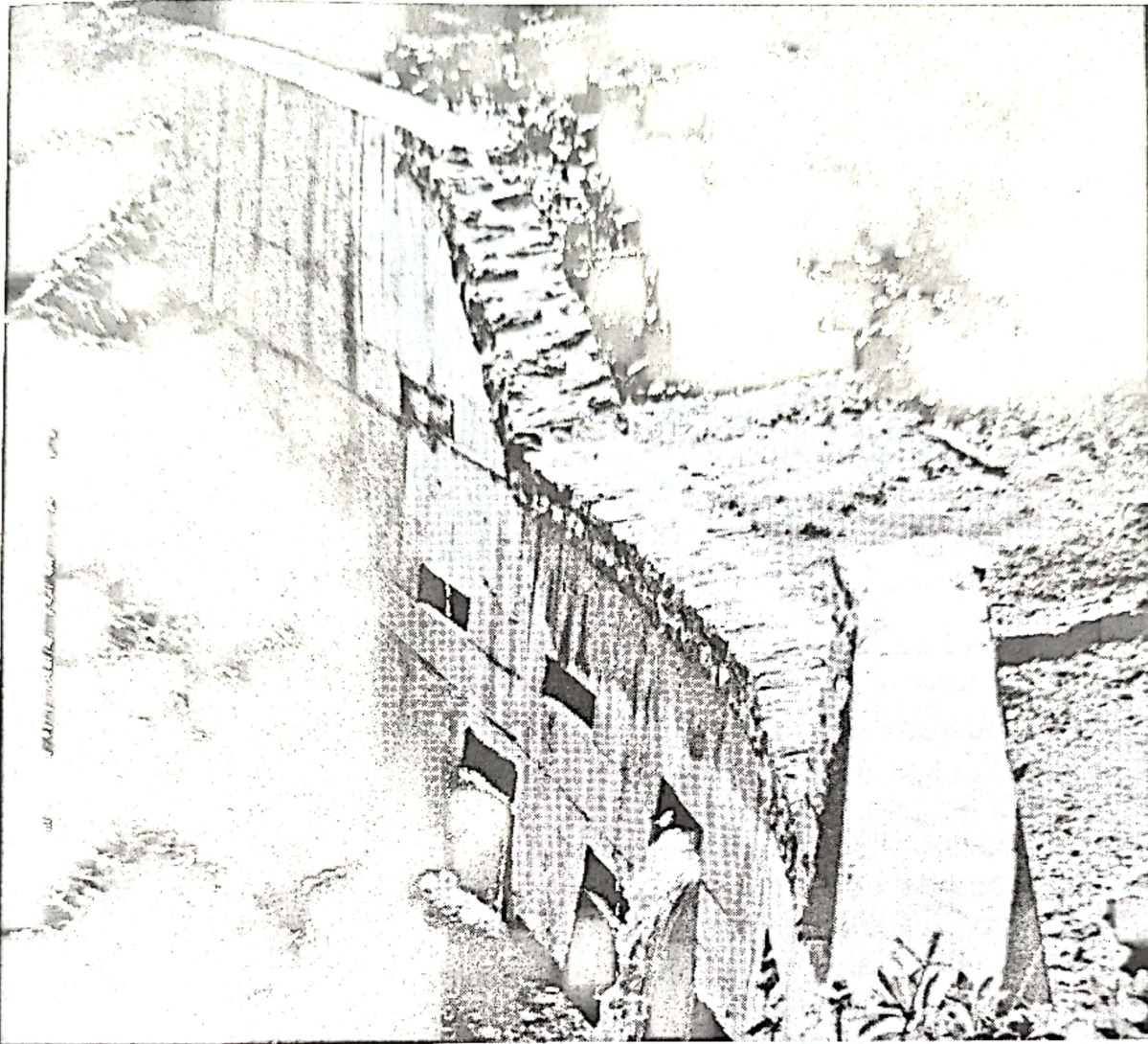


Foto 3.2. Barajul „subdimensionat” 6 B 4,0 (S 20) de pe Valea Tigăile – bazinul hidrografic Tărlung (jud. Braşov), conceput şi proiectat de către profesorul Stelian Munteanu (Foto: Clinciu, 1986).

3.5. DEFICIENŢE ŞI NEÎMPLINIRI

1. *Folosirea excesivă*, în perioada anterioară anului 1955, a *lucrărilor din împletituri de nuiele*, pe pari de lemn, de tipul cleionajelor simple şi duble, pentru consolidarea albiilor torenţilor, a *implicat un consum foarte mare de lemn*, *investit în lucrări neeficiente*, care au fost distruse de viituri sau prin putrezire, înainte de a-şi realiza funcţia, respectiv înainte de a se instala pe albie vegetaţia forestieră (Gaspar, Apostol, 1959, 1964).

2. *Lucrările din zidărie uscată*, *cu sau fără gabioane*, în praguri şi baraje, pe albiile torenţilor, folosite pe scară mare înainte de anii 1955–1960, în zonele în care existau depozite de piatră de dimensiuni mari, *s-au dovedit insuficient de rezistente*, în cazul eroziunilor pe albie şi a alunecării malurilor (Gaspar, Apostol, 1959, 1964).

3. Un mare număr de lucrări hidrotehnice de corectare a torenților (praguri, baraje, canale) *sunt afectate de degradări premature ale zidăriei și betonului*, cauzate de calitatea necorespunzătoare a agregatelor folosite la confecționarea mortarelor și betoanelor dar și de dozajul prea redus de ciment prescris în proiecte.

4. Câteva baraje și praguri „filtrante” construite din grinzi prefabricate de beton armat și contraforți au fost distruse de viiturile excepționale din anii 1990 și 1991, care au transportat bolovani mari, blocuri și bușteni (flotați).

5. Finisarea segmentelor de albie amenajate cu lucrări hidrotehnice transversale sau cu canale și *îmbrăcarea lor cu vegetație* s-au dovedit a fi lucrări dificil de realizat, în foarte puține cazuri acestea fiind reușite.

6. Cea mai mare neîmplinire considerăm că este *lipsa de cooperare a deținătorilor de pășuni din bazinele torențiale* în curs de amenajare, la ameliorarea acestora sub raport hidrologic și antierozional.

3.6. MĂSURI NECESARE

1. Trecerea neîntârziată la îndeplinirea „Programului național de împădurire”, așa cum prevede noul Cod Silvic (Legea nr. 46/2008), acordându-se prioritate împăduririi terenurilor excesiv degradate de pe versanții bazinelor hidrografice torențiale.

2. Alocarea de fonduri de investiție pentru *reabilitarea sistemelor de lucrări hidrotehnice de amenajare a torenților*, avariate. În momentul de față există un foarte mare număr de praguri, baraje și canale care sunt avariate într-o asemenea măsură încât neintervenția imediată pentru reparare poate avea ca efect distrugerea lor în timpul viiturilor tot mai frecvente din ultima vreme.

3. *Organizarea unei evidențe a lucrărilor hidrotehnice de amenajare a torenților*, pe ocoale silvice și pe bazine hidrografice torențiale amenajate, și consemnarea periodică a stării în care se află aceste lucrări, în special după viiturile torențiale importante.

4. Finisarea (curățirea, nivelarea, taluzarea etc.) și *plantarea (înverzirea)* segmentelor de albie și maluri nude aferente, consolidate cu lucrări hidrotehnice transversale (inclusiv cu aterisamente) și cu canale.

5. Reînființarea în cadrul ICAS a unui compartiment de cercetare a proceselor torențiale, inclusiv prin organizarea de cercetări în bazine-pilot reprezentative.

6. Înființarea în cadrul Regiei Naționale a Pădurilor – ROMSILVA a unui serviciu pentru amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, care să urmărească atât proiectarea și executarea lucrărilor cât și comportarea acestor lucrări.

7. Față de numeroasele prejudicii aduse în ultimii ani de viiturile torențiale și de inundațiile produse de acestea, intensificarea activității de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale se impune sub toate aspectele (cercetare, proiectare, execuție, monitorizare).



- Munteanu, S.A., 1970, *Contribuții la optimizarea profilului barajelor de greutate folosite în corectarea torenților în România*, teză de doctorat. Institutul Politehnic din Brașov.
- Munteanu, S.A., Clinciu, I., 1980, *Fenomenul de histerezis hidrologic în bazinele hidrografice torențiale reîmpădurite și importanța lui sub raportul transportului de aluviuni*. Revista pădurilor, nr. 4, pp. 414–417.
- Munteanu, S.A., Lazăr, N., Clinciu, I., Cârțu, E., 1985, *Geometria profilelor magistrale ale barajelor subdimensionate folosite în amenajarea torenților*. Revista pădurilor, nr. 2.
- Munteanu, S.A., Costin A., Gaspar, R., Traci, C., 1985, *Aspecte ale preocupărilor de amenajare abazinelor hidrografice torențiale reflectate în paginile celor 100 de ani de existență a Revistei pădurilor*. Revista pădurilor, nr. 4, București.
- Munteanu, S.A., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Untaru, D., 1991, *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice*. Vol. I. Editura Academiei Române, București, 320 p.
- Munteanu, S.A., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Untaru, D., Gologan, N., 1993, *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice*. Vol. II. Editura Academiei Române, București, 311 p.
- Oprea, V. et al., 1996, *Studiu de sinteză privind amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din România: Inventarul lucrărilor executate între anii 1950-1992, comportarea și efectul lor, propuneri pentru continuarea acțiunii*. Vol. I -- Memoriu tehnic. Manuscris, I.C.A.S., 103 p.
- Traci, C., 1985, *Împădurirea terenurilor degradate*. Editura Ceres, București, 282 p.
- Untaru, E., 1975, *Metode și lucrări de combatere a alunecărilor de teren*, I.C.A.S., Seria a II-a, București.
- Urechiatu Melanica, 1995, *Împădurirea terenurilor degradate, trecut, prezent și viitor*. În lucrarea Protejarea și dezvoltarea durabilă a pădurilor României, pp. 271–283, sub redacția Victor Giurgiu, Editura Grafică, București.

TORRENTIAL WATERSHEDS MANAGEMENT, AN IMPORTANT ACTION FOR THE ENVIRONMENTAL PROTECTION

ABSTRACT

The first part of the paper approaches the genesis, causes and consequences of torrential and erosional processes, as well as, the methodology for the estimation of torrentiality degree.

The second part is dedicated to a short history of torrential watershed management. The following topics are examined:

- the connection between some notable events that happened and torrential processes dynamics;
- main preoccupations and objectives in torrential watersheds management;
- distinguished Romanian foresters, who outlined the protection function of forests and fought for torrential watersheds management.

The present concept regarding torrential watersheds management is analysed in the third part of the paper. Based on hydrological and

antierosional systematization, this concept supposes the gradual execution of the management works, as well as the establishment of these works in connection with channel dynamics, alluvial production of watershed and the sediment storage capacity of each work.

Here, it is also emphasized that torrential watershed management begins with the degraded land afforestation and with torrential hydrographical network management. Then it is continued through the development measures of hydrological and antierosive potential both of forest and other land uses.

Further, the main achievements in torrential watershed management are connected with the following scientific backgrounds:

- degraded land mapping;
- predicting methods of hydrological parameters;
- conception of new economical dam types.

Finally, some deficiencies and unaccomplishments are appraised and some necessary urgent measures are recommended.

Key words: torrential watershed management, environmental protection, degraded land afforestation, hydrological and antierosional systematization.

4. EFECTELE CULTURILOR FORESTIERE INSTALATE PE TERENURI ERODATE ȘI ALUNECĂTOARE, ÎN RAPORT CU EVOLUȚIA ACESTORA ÎN TIMP

EMIL UNTARU¹, CRISTINEL CONSTANDACHE², CONSTANTIN ROȘU³

4.1. CONSIDERAȚII GENERALE

În circumstanțele naturale specifice țării noastre, unde terenurile în pantă reprezintă circa 67% din teritoriu, în condiții geomorfologice și litologice favorizante declanșării eroziunii accelerate, principala cauză care a generat cea mai mare parte a terenurilor degradate o reprezintă reducerea masivă a suprafețelor acoperite de păduri. Procesele de degradare a terenurilor dominante sunt cele de eroziune hidrică sau pluvială și cele de deplasare în masă. După Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie (ICPA), la nivelul întregii țări, eroziunea hidrică afectează circa 6,3 milioane ha terenuri agricole, din care circa 2,5 milioane ha sunt puternic degradate, în timp ce terenurile cu fenomene de deplasare ocupă circa 0,7 milioane ha (Dumitru *et al.*, 2002; Giurgiu, 2004). Zonele cu cea mai mare răspândire a terenurilor erodate și a celor cu fenomene de deplasare în masă sunt: Podișul Moldovei; Subcarpații, îndeosebi între Trotuș și Olt; Podișul Getic și Podișul Transilvaniei.

Această stare de fapt este datorată, în principal, intervențiilor antropice necontrolate, exercitate cu intensitate, începând din a doua jumătate a secolului al XIX-lea, asupra covorului vegetal și solului, mai ales prin reducerea suprafețelor acoperite cu păduri și practicarea ulterioară a unor folosințe contraindicate (pășunatul intens, desțelenirea și cultivarea terenurilor în pantă, aplicarea unei agrotehnici inadecvate ș.a.), care au determinat accelerarea proceselor de eroziune și de deplasare gravitațională. În suprafețele afectate de degradări, terenurile și-au pierdut parțial sau total capacitatea de producție, determinând grave dezechilibre ecologice și sociale.

Pe lângă diminuarea sau reducerea, uneori până la anulare, a capacității de producție a solului, degradarea terenului conduce la dereglarea regimului de scurgere a apelor de suprafață și a celor subterane, la modificări ale microclimatului și la deteriorări grave ale peisajului. Fenomenele torențiale și de degradare a terenurilor exercită însă efecte negative pe o arie mult mai întinsă decât cea pe care acestea se produc, ca urmare a perturbării regimului hidrologic al cursurilor de apă, generând, în perioadele cu excedent de precipitații, inundații în zonele din aval,

¹ Doctor, inginer, membru corespondent al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură

² Doctor, inginer, Institutul de Cercetări și Amenajări Silviculturale, Stațiunea Focșani

³ Conferențiar, doctor, inginer, S.C. VR. ECOCONSTRUCT, București



colmatarea cu aluviuni a lacurilor de acumulare, înălțarea paturilor albiilor cursurilor de apă ș.a. O consecință gravă a proceselor de degradare a terenurilor o reprezintă dereglarea funcțiilor fizico-biologice ale solurilor și pierderea potențialului de producție a acestora între 20 și 100%, pentru o suprafață de teren de circa 2 milioane hectare, și până la 20% pentru o suprafață de circa 3,7 milioane hectare de terenuri în pantă, având folosință agricolă. Terenurile erodate își pierd, de asemenea, capacitatea de reținere și înmagazinare a apei în proporție de 20...90% (Munteanu *et al.*, 1991, 1993; Clinciu *et al.*, 1997; Clinciu, 2001, 2002).

Dintre efectele funcționale mai importante exercitate de vegetația forestieră instalată pe terenurile degradate se menționează: stabilizarea proceselor de degradare a terenurilor, regularizarea regimului scurgerilor de suprafață și de adâncime; ameliorarea condițiilor staționale ale terenurilor degradate și refacerea progresivă, în timp, a potențialului productiv al acestor terenuri; atenuarea adversităților climatice; reabilitarea landşaftului; refacerea (renaturarea) peisajului și îndeplinirea funcțiilor estetic-sanitare și recreative, specifice vegetației forestiere. Treptat, în bazinele torențiale parcurse cu lucrări de amenajare hidrologică și antierozională, sub efectul direct al culturilor forestiere de protecție, are loc restabilirea echilibrului hidrologic, concomitent cu realizarea echilibrului ecologic, cu efecte benefice asupra calității apelor, care conduc, la rândul lor, la mai buna aprovizionare cu apă potabilă și industrială, la dezvoltarea pisciculturii, turismului ș.a. Deosebit de importantă, în direcția reducerii poluării și a schimbărilor climatice la nivel global, este funcția de asimilare a dioxidului de carbon în procesul de fotosinteză, eliberarea în atmosferă a oxigenului și stocarea carbonului în biomasă.

Prin exercitarea efectelor de protecție ale acestor culturi se evită, de asemenea, importante pagube materiale directe produse frecvent la viiturile mari: distrugerii ale instalațiilor de transport, ale așezărilor umane, ale terenurilor sau culturilor agricole și silvice; colmatarea lacurilor de acumulare prin diminuarea transportului de aluviuni în rețeaua hidrografică ș.a.

Efectelor de protecție li se adaugă efectele de producție ale acestor culturi (lemn, fructe, miere, plante medicinale, rășină, tananți ș.a.).

4.2. EVOLUȚIA ARBORETELOR DE PE TERENURI DEGRADATE ÎN RAPORT CU CONDIȚIILE STAȚIONALE

Creșterea și dezvoltarea principalelor specii și evoluția diferitelor tipuri de culturi forestiere de protecție în raport cu condițiile staționale ale celor mai importante categorii de terenuri degradate condiționează exercitarea efectelor de protecție. În cele ce urmează se prezintă sintetic principalele rezultate ale cercetărilor efectuate în această direcție, în suprafețele experimentale cu caracter de lungă durată instalate în perimetre de ameliorare a terenurilor degradate (tabelul 4.1)⁴.

⁴ Cercetările au fost coordonate de către: dr.ing. Constantin Traci până în anul 1990; dr.ing. Emil Untaru până în anul 2001; dr.ing. Cristinel Constandache, după anul 2001.

Tabelul 4.1

Perimetre experimentale cu suprafețe de cercetare de lungă durată în care au fost efectuate cercetări privind evoluția culturilor forestiere de protecție de pe terenuri degradate

Denumirea perimetrului	Anul instalării	Localizarea	Suprafața (ha)	Număr de parcele de cercetare	Specificul lucrărilor
Valea lui Bogdan	1950	O.S. Sinaia UP XI Valea lui Bogdan, u.a. 45...57, 69 Subzona molidului și subalpin	30,0	15	Culturi forestiere de protecție cu diferite specii, pe substrat de gresii, șisturi marnoase și calcare; tehnici de plantare, pregătire/consolidare specifice terenurilor erodate și ravenate
Andreiașu	1963	O.S. Focșani UP IV Stoichița u.a. 85, 86, 87 Subzona fagului	50,0	10	Culturi variate de pin silvestru și pin negru cu foioase (cireș, paltin și arbuști), pe substrat de marnă și gresii; tehnologii diferite de consolidare, pregătire a terenului și împădurire (terase cu gardulețe sau banchete, terase neprijinite, plantații cu puieți în pungi)
Bârsești	1977	O.S. Exp. Vidra UP III Valea Sării u.a. 133-135; 151-153 Subzona gorunului	29,3	11	Culturi de pin negru și pin silvestru în amestec cu cătină albă pe substrat litologic predominant din gresii; diferite scheme, formule de împădurire, lucrări de consolidare a versanților (terase armate, cordoane, plantații cu puieți în pungi)
Pârâul Sărat (Valea Sării)	1958	O.S. Exp. Vidra UP III Valea Sării, u.a. 101B, 102B Subzona gorunului	29,8	11	Culturi variate de pin silvestru și negru cu foioase (cireș, paltin și arbuști), pe substrat litologic format predominant din marnă; scheme și formule de împădurire diferite; tehnologii de substituție a cătinișurilor de cătină albă și plantații pe terase sau în gropi cu vetre

Tabelul 4.1 (continuare)

Colacu	1955	O.S. Exp. Vidra UP III Valea Sării, u.a. 41, 42 Subzona gorunului	20,1	10	Culturi variate de pin silvestru, pin negru și gorun în amestec cu foioase, pe substrat litologic din complexe de gresie cu marne; diferite scheme, formule de împădurire, lucrări de consolidare și pregătire a terenului (terase cu gârdulețe, plantații în tăblii, în gropi)
Țifești	1974	O.S. Exp. Vidra UP I Bolotești u.a. 160...162 Subzona stejarului	5,0	3	Culturi de pin negru și pin silvestru pe depozite de terasă (pietrișuri, loess); lucrări de terasare a versanților
Valea Caselor	1974	O.S. Vaslui UP IV Florești u.a. 78 Subzona stejarului	18,0	12	Culturi din diferite specii de foioase și/sau pini pe substrat de nisipuri, argile, marne; tehnici de plantare, pregătire/amenajare a terenurilor alunecătoare și erodate
Murgești	1971	O.S. Râmnicu Sărat UP I Călnău, u.a. 78...82 Subzona stejarului spre silvostepă	167,0	17	Culturi cu diferite specii foioase (predominant salcâm) și pin silvestru pe substrat de nisipuri cu argile, marne, pietriș și local loess; compoziții și scheme de împădurire, tehnici de plantare, pregătire/amenajare a terenurilor în special alunecătoare și ravenate
Livada	1949	O.S. Râmnicu Sărat UP II Dedulești, u.a. 20 Silvostepă	35,4	23	Culturi cu diferite specii foioase și rășinoase pe substrat de loess și nisipuri în alternanță cu pietrișuri și argile; diferite formule, scheme de împădurire, tehnici de pregătire/amenajare a terenurilor erodate, ravenate și alunecătoare
Cheia-Măcin	1961	O.S. Măcin UP I Luncavița Silvostepă	27,8	16	Culturi forestiere cu diferite specii pe substrat dure (granit, cuarțite), tehnici de plantare, pregătire/consolidare specifice terenurilor erodate din Dobrogea

În **silvostepă**, cercetările au fost efectuate în perimetrele experimentale Cheia-Măcin din Dobrogea, pe substraturi de roci dure (granite, granodiorite, șisturi cristaline) și Livada, din Subcarpații Buzăului, pe substraturi de loess și nisipuri în alternanță cu pietrișuri și argile.

Pe terenuri cu eroziune în suprafață, slabă la moderată și terenuri alunecătoare cu deplasare în bloc sau slab fragmentate, toate culturile forestiere cercetate prezintă stare activă de vegetație. Speciile de bază care au prezentat o evoluție bună au fost: stejarul brumăriu, stejarul pedunculat, stejarul roșu, salcâmul (pe soluri mai ușoare, cu textură nisipolutoasă la lutoasă). Pe versanți umbriți și intermediari, rezultate bune au dat pinul negru și pinul silvestru, în timp ce pe versanți însoriți s-au comportat mai bine pinul ponderosa și ienupărul de Virginia. Dintre speciile foioase de amestec și de ajutor, au prezentat o comportare bună: paltinul de câmp, teiul argintiu, cireșul, frasinul, arțarul tătarăsc, mojdreanul și vișinul turcesc, iar dintre arbuști: lemnul cănesc, cornul, liliacul, scumpia ș.a.

Arboretele cu bază de stejar brumăriu au asigurat o foarte bună protecție a solului și creșteri medii în volum de până la $8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, în silvostepa internă (perimetrul Livada), și circa $2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, în silvostepa Dobrogei (perimetrul Cheia-Măcin). Arboretele de salcâm au prezentat o evoluție bună pe soluri ușoare, lipsite sau cu un redus conținut de carbonați de calciu, mai ales dacă terenul a fost pregătit în terase, realizând creșteri medii în volum cuprinse între 5 și $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

Arboretele de pin negru și pin silvestru în amestec cu paltin de câmp, frasin, arțar tătarăsc, cireș, mojdrean și arbuști au asigurat o foarte bună protecție a solului și creșteri medii în volum între 5 și $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, exceptând zona Dobrogei, unde creșterea medie în volum a fost de circa $3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Rezultate foarte bune s-au obținut și în cazul pinului strob care, în perimetrul Livada, a realizat creșterea medie în volum de circa $8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

În Dobrogea (perimetrul Cheia-Măcin), culturile cu bază de stejar brumăriu instalate pe cernoziom prezentau, la vârsta de 40 de ani, consistență ridicată (0,9), înălțimea medie între 7 și 9 m, diametrul mediu între 10 și 15 cm și creșteri în volum între 2 și $3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

În Subcarpații Buzăului (perimetrul Livada), cu soluri de tip cernoziom levigat (cambic), au fost instalate culturi de amestec de foioase (stejar brumăriu, stejar roșu, paltin de câmp), culturi de pin negru, pin silvestru sau pin strob. Plantarea s-a făcut în vetre, cu amenajarea de pâlnii pentru reținerea apei. Amestecul a fost realizat intim, sub formă de rânduri alterne. La vârsta de 50 de ani, arboretul de stejar brumăriu cu stejar roșu și paltin de câmp avea o stare foarte activă de vegetație și consistența de 0,8, realizând creșteri de circa $8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, înălțimi de circa 22 m la stejari și 14 m la paltin de câmp, iar diametrele de 25...30 cm, la stejari și de circa 14 cm la paltin de câmp. Culturile pure de rășinoase (pin negru sau pin strob) prezintă stare activă de vegetație, consistența de 0,7 și creșterea în volum între 5 și $8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, puternică, și pe terenuri alunecătoare moderat fragmentate*, au prezentat o evoluție bună arboretele



de salcâm (pe soluri ușoare, cu terenul pregătit în terase) și arboretele de pin negru și/sau pin silvestru, în amestec cu paltin de câmp, frasin, arțar tătarăsc, cireș, mojdrean și arbuști. Pe soluri profunde, au dat rezultate bune și culturile de stejar brumăriu în asociere cu foioase de amestec și arbuști.

În Dobrogea (perimetrul Cheia-Măcin), culturile de rășinoase (pini, thuja) în amestec intim cu foioase (stejar brumăriu, paltin de câmp, mojdrean ș.a.) și arbuști (scumpie, lemn câinesc, sânger ș.a.), instalate prin plantații în gropi, în teren pregătit sub formă de terase simple sau în vetre, cu amenajarea de pâlnii pentru reținerea apei prezentau, la vârsta de 30...40 de ani, o stare activă de vegetație și consistența de 0,8. Creșterile în volum s-au situat sub $2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, factorul limitativ în aceste condiții fiind uscăciunea din atmosferă și din sol. Proporția de participare a pinului s-a redus de la 50%, la instalarea culturilor, la circa 20–30 %, după 35...40 ani. Acoperirea solului se asigură prin intermediul speciilor de ajutor sau a arbuștilor (mojdrean, arțar tătarăsc, vișin turcesc, corn, scumpie). Numărul de exemplare al acestor specii s-a menținut apropiat de cel de la instalarea culturilor, ceea ce evidențiază adaptabilitatea lor la condițiile extreme ale terenurilor degradate, în condiții de secetă, și rolul deosebit de important pe care îl îndeplinesc în reducerea eroziunii.

În Subcarpații Buzăului (perimetrul Livada), arboretele de pin silvestru și pin negru, în amestec cu paltin de câmp, au consistență ridicată, realizând creșteri în volum de $5...6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Culturile de pin silvestru în amestec cu ulm prezintă, la 50 de ani, stare activă de vegetație. Consistența arboretului matur este de 0,7 iar solul este bine protejat de exemplarele rezultate din regenerarea naturală a ulmului. Pe terenuri alunecătoare, cu substrat de pietrișuri cu nisip și loess, cu masa de pământ deplasată în bloc sau moderat fragmentată, au fost instalate culturi de amestec din stejar brumăriu și paltin de câmp, acesta din urmă deținând 75% din compoziție. Amestecul s-a realizat în rânduri alterne prin plantarea în teren pregătit în vetre, cu amenajarea de pâlnii pentru reținerea apei. La vârsta de 50 de ani, paltinul prezintă stare activă de vegetație, iar stejarul destul de activă, semnalându-se uscări în coronament la circa 20% din exemplare. Consistența arboretelor este de 0,8, iar pătura erbacee și subarboretul sunt slab reprezentate. Paltinul a realizat înălțimi de circa 17 m și diametre de 21 cm, iar stejarul brumăriu înălțimi de 20 m și diametrul mediu 28,5 cm. Creșterea medie în volum a arboretului s-a situat la circa $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (Untaru *et al.*, 1993, 1997; Greavu, Constandache, 1998, 2001).

O influență deosebită asupra dezvoltării culturilor forestiere din diferite regiuni ale silvostepii o are regimul climatic. Astfel, în silvostepa din nordul Dobrogei, respectiv în perimetrul Cheia-Măcin, caracterizat printr-o accentuată uscăciune a solului, creșterile sunt mult mai reduse față de cele realizate de culturile din perimetrul Livada, situat în silvostepa internă, cu soluri mai profunde și regim de umiditate mai favorabil.

– *Pe terenuri foarte puternic la excesiv erodate*, cu substrat de loes, nisipuri și pietriș, din perimetrul Livada-Râmnicu Sărat, au dat rezultate satisfăcătoare până la bune culturile de salcâm și cele de pin negru în

asociere cu mojdrean, vișin turcesc, sălcioară, lemn câinesc ș.a. Pe aceleași categorii de terenuri, însă cu substrat de roci dure, cu soluri superficiale și scheletice, din Dobrogea, speciile care au dat rezultate satisfăcătoare au fost: mojdreanul, vișinul turcesc, scumpia, păducelul și liliacul.

– *Pe terenuri afectate de eroziune în adâncime*, cu substrat de loes, nisipuri și pietriș din perimetrul de ameliorare Livada s-a evidențiat prin rezultatele obținute salcâmul, care a vegetat activ până la vârsta de 30 de ani, înregistrând creșteri volumetrice de până la $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

În **subzonele de cvercete și șleauri**, cercetările au fost efectuate în perimetrele experimentale Murgești-Râmnicu Sărat, din Subcarpații Buzăului (pe substrat constituite predominant dintr-o succesiune de nisipuri cu argile, marne și pietriș și, local, din loess), Valea Caselor-Poenești, din Podișul Moldovei (pe substrat constituite din nisipuri cu argile și marne) și Coastele Putnei-Țifești, județul Vrancea (pe substrat formate din pietrișuri rulate și luturi), în culturi cu vârsta de 25...35 de ani.

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, slabă la moderată, și pe terenuri alunecătoare cu deplasare în bloc sau slab fragmentate*, culturile cercetate prezintă o stare activă de vegetație. Speciile care au prezentat o evoluție bună au fost stejarul brumăriu și salcâmul (pe soluri mai ușoare, cu textură nisipo-lutoasă la lutoasă), precum și pinul silvestru și pinul negru în asociere cu specii foioase de amestec și de ajutor: paltin de câmp, cireș, frasin, arțar tătărească, mojdrean și arbuști (lemn câinesc, sânger ș.a.). Atât arboretele de salcâm, cât și cele cu bază de pin sau de stejar, au realizat creșteri în volum cuprinse între 4 și $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

În perimetrul Murgești-Râmnicu Sărat, culturile de salcâm au avut evoluție bună sub raportul creșterilor în înălțime și diametru, până la vârsta de 25...30 de ani, când peste 50% din exemplare au fost afectate de uscare. În consecință, se poate aprecia că menținerea acestor arborete după vârste de 25...30 de ani nu mai este oportună, reducerea consistenței sub 0,7 ducând la înțelenirea solului și la înrăutățirea condițiilor de vegetație.

În perimetrul Valea Caselor, au dat rezultate bune gorunul, paltinul de câmp, salcâmul, în stațiuni cu soluri nisipo-lutoase până la lutoase; pinul silvestru și pinul negru, în stațiuni cu soluri mai grele. Culturile au fost instalate prin plantații în gropi obișnuite, pure (pin silvestru, salcâm) sau de amestec (gorun cu paltin și sânger; pin negru cu pin silvestru; pin silvestru cu paltin, frasin și sânger). Gorunul în amestec cu paltinul de câmp, precum și pinul negru și pinul silvestru, la vârsta de 30 de ani, au realizat arborete cu stare activă de vegetație și consistența 0,9, care protejează bine solul, realizând diametre medii de 16...20 cm și înălțimi medii de 14...16 m. Creșterile în volum s-au situat între 6 și $8,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, pentru culturile cu bază de pin, și au fost de circa $4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ pentru cele cu bază de gorun. Litiera s-a acumulat în straturi cu grosimi de 1...2 cm, iar pătura erbacee este foarte slab reprezentată. Culturile de salcâm, la vârsta de 30 de ani, au consistența 0,6, înălțimea medie 15,5 m și diametrul mediu 22,0 cm, având rol important în stabilizarea terenurilor alunecătoare. Creșterile medii anuale au fost de $6,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (Constandache et al., 2007).

– Pe terenuri cu eroziune în suprafață, puternică, și pe terenuri alunecătoare moderat până la puternic fragmentate, au prezentat o evoluție, în general bună, arboretele de salcâm (pe soluri ușoare, cu terenul pregătit în terase) și cele de pin negru și/sau pin silvestru, în amestec cu paltin de câmp, frasin, arțar tătărească, cireș, mojdrean și arbuști. Creșterile înregistrate în cazul culturilor de salcâm și a celor cu bază de pin sunt cuprinse între 3 și 5 m³·ha⁻¹·an⁻¹.

Pe terenuri puternic erodate cu regosoluri, din perimetrul Țifești, au avut o comportare bună culturile pure sau amestecate de pin negru și pin silvestru, care la 25 de ani au realizat înălțimi medii de 6,1...7,6 m și diametre medii de 9,7...14,1 cm, acumulând un volum de masă lemnoasă de circa 3 m³·ha⁻¹·an⁻¹.

Pe terenuri alunecătoare din perimetrul Valea Caselor a vegetat bine salcâmul, în stațiuni cu regosoluri sau erodisoluri, cu textură nisipo-lutoasă până la lutoasă, precum și plopul alb și salcia albă, în stațiuni cu umiditatea solului asigurată. Salcâmul a fost instalat prin plantații în gropi obișnuite (30·30·30 cm), iar plopul și salcia în gropi mari (50·50·50 cm). Salcâmul a realizat, la 25 de ani, înălțimi medii de 13,5...13,7 m, diametre medii de 14,7...17,3 cm și creșteri medii în volum de circa 7 m³·ha⁻¹·an⁻¹. În condițiile unei bune aprovizionări cu apă, plopul alb și salcia albă au dat rezultate foarte bune, realizând înălțimi de 18...20 m și diametrul mediu de 30 cm. Pe suprafețe de desprindere ale alunecărilor, cu erodisoluri cu textură luto-nisipoasă până la lutoasă și conținut redus de carbonați de calciu, au dat rezultate destul de bune culturile de salcâm, în timp ce pe erodisoluri pe substrat predominant marno-argilos (cu conținut mare de CaCO₃) au prezentat o evoluție satisfăcătoare numai culturile de cătină albă și cele de sălcioară.

– Pe terenuri foarte puternic la excesiv erodate și pe taluzuri de ravenă, au dat rezultate satisfăcătoare până la bune culturile de salcâm, sălcioară și cătină albă. Culturile de salcâm au realizat creșterea medie periodică în volum între 2 și 4 m³·ha⁻¹·an⁻¹. Pe erodisoluri cu textură luto-argiloasă la argiloasă, au condus la rezultate satisfăcătoare culturile de pin negru în asocieri cu cireș de pădure și cătină albă. Pe erodisoluri tipice, pe substrat marno-argilos, rezultatele cele mai bune au fost obținute în cazul culturilor de cătină albă.

În **subzona gorunului**, observațiile și măsurătorile privind comportarea culturilor forestiere de pe terenurile degradate, în raport cu condițiile staționale, au fost efectuate în perimetrele: Dealul Ruget (pe substrat de gresii și marne), Pârâul Sărat, Bârsești (tabelul 1.2), Scaune (pe substrat de gresii, șisturi argiloase, uneori cu gips și sare) și Cucuieți (pe depozite aluviale predominant grosiere), din Subcarpații Vrancei, în arborete cu vârsta de 20...50 de ani.

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, slabă la moderată*, prezintă stare activă de vegetație și eficiență funcțională ridicată, culturile de gorun în asociere cu frasin, cireș de pădure, paltin, sânțer, lemn câinesc, precum și cele de pin silvestru și pin negru în asociere cu speciile foioase de amestec și de ajutor menționate și arbuști (lemn câinesc, sânțer ș.a.). Creșterile realizate în cazul culturilor din specii foioase, cu bază de gorun, se înscriu între 5 și 7 m³·ha⁻¹·an⁻¹.

Pe terenuri moderat erodate, cu soluri brune argiloiluviale, culturile de pin silvestru și pin negru în amestec cu mojdrean (în proporții egale pinii cu mojdreanul), instalate prin plantarea puieților în gropi, cu amenajarea de pâlnii pentru reținerea apei, la schema de 1,5 1,0 m, prezintă la vârsta de 45 ani o stare activă de vegetație, realizând înălțimi de 14...16 m la pin și de 12 m la mojdrean, și diametre cuprinse între 25 și 30 cm la pin și de 12 cm la mojdrean. Creșterea medie în volum a arboretului a fost de 6,1 m³·ha⁻¹·an⁻¹, ponderea cea mai mare deținând-o pinul. Pe terenuri moderat erodate, cu substrat constituit din complexe de marne cu gresii, după vârsta de 40 de ani a culturilor, s-a observat activarea creșterilor la speciile de pin (la pinul silvestru activarea creșterilor în înălțime fiind mai evidentă decât la pinul negru).

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, puternică, și pe terenuri alunecătoare moderat până la puternic fragmentate*, au prezentat o evoluție bună arboretele de pin negru și/sau pin silvestru, în amestec cu paltin, frasin, cireș, mojdrean și arbuști. Creșterile înregistrate în cazul culturilor cu bază de pin sunt cuprinse între 4 și 8 m³·ha⁻¹·an⁻¹. Pe substrat predominant gresos, pinul silvestru a avut comportare bună. Arboretele de amestec au realizat creșteri în volum de 4...5 m³ ha⁻¹ an⁻¹ în cazul terenurilor alunecătoare, și circa 8 m³·ha⁻¹·an⁻¹ în cazul terenurilor cu eroziune puternică. Pinul silvestru realizează la 30...35 ani înălțimi de circa 13 m și diametre medii de 18...20 cm. Etajul inferior este format din ulm, mojdrean, zarzăr și corcoduș, instalate natural sau artificial. Subarboretul este reprezentat de lemn câinesc, măceș și păducel, iar pătura erbacee este rară sau lipsește. În goluri și zone cu consistența redusă (sub 0,6), se remarcă prezența puieților de gorun, paltin, fag, ulm, mojdrean și sânțer, rezultați din regenerări naturale, ceea ce reprezintă un indiciu deosebit de important al tendinței de succesiune a vegetației forestiere către tipul natural de pădure. În golurile existente au fost identificați până la 10 puieți pe metru pătrat, acoperind circa 30...40% din suprafața golului (Constandache, 2004).

– *Pe terenuri foarte puternic și excesiv erodate*, cu regosoluri și erodisoluri, au dat rezultate satisfăcătoare până la bune: pinul negru și pinul silvestru, în asociere cu cătină albă. Rezultate satisfăcătoare au fost



obținute și în cazul amestecurilor de pin cu mojdrean sau cireș, precum și în culturile de salcâm instalate pe regosoluri cu textură lutoasă. Pe substrat predominant marno-argilos au prezentat o evoluție satisfăcătoare numai culturile de cătină albă.

Evidențiem rezultatele foarte bune realizate în perimetrul experimental Bârsești, în cazul plantațiilor de pin negru și silvestru, pe terase armate vegetal cu puieți și drajoni de cătină albă. Creșterile înregistrate în cazul culturilor de pin, pe terenuri foarte puternic și excesiv erodate sunt cuprinse, de regulă, între 2 și 4 m³·ha⁻¹·an⁻¹. În majoritatea situațiilor, eroziunea a fost stabilizată iar solul este bine protejat.

– *Pe terenuri afectate de eroziune în adâncime*, cu substrat marnogresos (perimetrul de ameliorare Bârsești), au dat rezultate bune culturile de pin negru și pin silvestru, în asociere cu cătină albă, în plantații pe terase armate vegetal, pe taluzuri cu înclinare până la 25° culturile pure de cătină albă realizate prin plantații în cordon, pe taluzuri cu înclinare de peste 25° și culturile de anin negru și anin alb, pe funduri de ravenă, aterisamente și taluzuri umezite freatic (Untaru *et al.*, 1994, Constandache *et al.*, 2002).

Plantarea puieților de pin crescuți în pungi de polietilenă, pe terase armate vegetal cu puieți și drajoni de cătină albă (pe taluzuri), asociată cu lucrări de consolidare a fundului ravenei prin praguri vegetale, realizate din suluri de fascine de cătină albă, pământ și piatră, a condus, în cazul taluzurilor, la o evoluție pozitivă a culturilor. Cătina albă din patul de fascine a intrat în vegetație în proporție ridicată (peste 70%) conducând, după 3 ani, la realizarea, pe fundul ravenelor, a unor veritabile bariere antierozionale. În același timp, puieții de anin plantați pe micile aterisamente și pe fundul ogașelor și ravenelor au realizat procente superioare de prindere și menținere și creșteri active, astfel încât, după vârsta de 8...10 ani, aceștia au preluat funcția de consolidare a formațiunilor de eroziune în adâncime și de stăvilire a eroziunii.

În **subzona fagului**, cercetările au fost efectuate în perimetrului de ameliorare Andreiașu, județul Vrancea, pe substrat de marne cu gresii, în culturi cu vârsta de 30...40 de ani (tabelul 4.2).

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, moderată*, stare activă de vegetație prezintă culturile de pin silvestru și pin negru, în asociere cu specii foioase de amestec și de ajutor (frasin, paltin, cireș) și arbuști (lemn câinesc, sânger ș.a.). Pe terenurile cu substrat de marne, gresii și gips, au prezentat o comportare bună și foarte bună, din punctul de vedere al creșterilor, amestecurile de pin silvestru cu paltin și cireș. Pinul a fost însă

afectat de rupturi de zăpadă și vânt. Creșterile în volum s-au situat, în cazul arboretelor slab la moderat afectate de rupturi de zăpadă și vânt, la circa $5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. În arboretele care prezintă consistența redusă la 0,6...0,7, datorită rupturilor provocate de vânt și zăpadă, s-au instalat în mod natural (în golurile create) diferite specii precum: paltinul, cireșul, fagul etc., câte 6–7 puieți/ m^2 în ochiuri, pe circa 20% din suprafață.

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, puternică*, o evoluție bună au prezentat arboretele de pin negru și/sau pin silvestru, în amestec cu paltin de câmp, frasin, arțar tătăresc, cireș, mojdrean și arbuști, pe terase sprijinite de banchete. În cazul arboretelor de amestec, neafectate de rupturi de vânt și zăpadă, creșterile medii anuale în volum au fost, la 35 de ani, de $7...8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, iar la arboretele afectate de rupturi de zăpadă și vânt sub $5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. O situație deosebită o reprezintă amestecul de pin silvestru cu fag (instalat natural, începând cu circa 15–20 ani în urmă) și care, la 35 de ani, a realizat creșteri în volum de circa $5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Amestecul este intim, iar fagul deține circa 70% din compoziție, formând un etaj inferior, cu înălțimea medie de 10,6 m. Starea de vegetație este foarte activă.

În toate situațiile analizate, atât pe terenuri puternic erodate cât și pe cele slab până la moderat erodate, s-a constatat instalarea naturală, în golurile deschise în arboret, a speciilor autohtone: cireșul, fagul și uneori chiar gorunul.

Și în acest caz, comportarea bună a speciilor foioase de amestec (paltin, cireș, frasin, arțar, sânger ș.a.) în compoziția culturilor instalate pe terenurile degradate, regenerarea naturală a acestora și dezvoltarea semănăturilor instalate în condițiile răririi arboretului, datorită rupturilor produse de vânt și zăpadă la pinul silvestru, pledează pentru promovarea în cultură a acestor specii și exprimă clar tendința de evoluție a ecosistemelor provizorii, instalate pe terenurile degradate, către tipul natural de pădure (Constandache, 2003).

– *Pe terenuri foarte puternic și excesiv erodate*, cu regosoluri și erodisoluri, au dat rezultate satisfăcătoare până la bune: pinul negru și pinul silvestru (fig. 4.1), în asociere cu cătină albă. Creșterile înregistrate în cazul culturilor de pin sunt cuprinse între 2 și $4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Rezultate bune sub aspectul stabilizării terenurilor, protecției și ameliorării solului, s-au obținut și în cazul culturilor pure de cătină albă. Închiderea masivului, în cazul plantațiilor cu 6 700...10 000 puieți la hectar, s-a realizat în apropierea vârstei de 10 ani.

Tabelul 4.2

Evoluția arborelelor de pe terenuri degradate în raport cu condițiile staționale (subzona gorunului – perimetrul Bârsești și subzona fagului – perimetrul Andreiașu)

Nr. parcele experi-mentale	Forma de degradare. Tipul de stațiune	Tehnica de împădurire schema, compoziția	Specii forestiere existente	Număr de exemplare la hectar la vârsta de...ani					Înălțimea medie (m) la vârsta de...ani					Diametrul mediu (cm) la vârsta de...ani				
				10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25			
				Perimetrul experimental Bârsești														
5	e3 E Go 9	Pp+Ta/3 +Gr.o.:1,5/3,0m Cord. 0,5/3,0 m (Cl.a) 28 Pi 72 Cl.a.	pin silvestru pin negru cățina albă	1418 1314 6511		1262 1312	1025 1012		3,3 3 1,5		6,3 6,8	10,6 10,4			10,8 10,5	13,1 12,7		
9	e4 E Go 13	Pp+Ta/3 +Gr.o.: 1,25/3,0m (Pi) Ti/3 + Cord.0,33/3 (Cl.a)	pin negru pin silvestru cățina albă	1783 1102 9100	1783 1102				2,2 3,0 1,4	2,8 3,3	4,0 4,1		2,1 2,3	4,8 5,1	7,8 7,6			
11	e4 E Go 13	Tb 0,75/3+Gr.o.: 1,0/3,0 m R1=Pi R2=Cl.a.(Gr.o)	pin negru pin silvestru cățina albă	2075 285 3700		2057 267 2710			2,2 3,0 1,8		5,3 5,8		2,3 2,3		10,2 8,3			
6	e4 E Go 14	Pp+Ta/2,5 +Gr.o. 1,25/2,5 m (Pi); Cord. 0,33/2,5 m (Cl.a)	pin negru pin silvestru cățina albă	3442 771 9700	3442 771 7100	3371 743			2,2 3,0 1,6	3,3 4,1	4,9 5,2		2,1 2,3	4,8 5,0	7,9 8,1			
7	e4 E Go 14	Pp+Tg0,75/3+Gr.o. 1,25/3,0 m (Pi); Gr.o.1,0/3,0 m(Cl.a)	pin negru pin silvestru cățina albă	630 2195 3100	630 2195 7100	616 2090			2 3 1,8	3,3 3,9	5,1 5,5		2,1 2,3	4,8 4,9	7,7 7,8			
8	e4 E Go 14	Pp+Ta/2,5+Gr.o. 1,25/2,5 m (Pi); Ti/2,5+Cord.0,33/2,5(Cl.a)	pin silvestru pin negru cățina albă	2221 1204 10500	2221 1204				3 2,2 1,4	4 3,5			2,3 2,1	5,8 5,5				
10	e4 E Go 14	Pp+Ta/3 +Gr.o.: 1,25/3,0m (Pi) Ti/3 + Cord.1,0/3,0 (Cl.a)	pin negru pin silvestru cățina albă	805 910 8600	805 910				3 3,1 1,6	3,4 4,3	5,5 6		2,2 2,3	5,5 5,4	8,6 8,8			
3	R R Go 9	Ta / 3,0+Gr.o. 1,5/3,0(Pi) Cord. 0,33/3,0 (Cl.a) Gr.o 1,5/1,0 m. (An.a)	pin silvestru pin negru anin alb cățina albă	667 351 386 4561	667 351 386	614 351 368	561 351 246		3,6 2,8 6,8 1,7	5,7 5,1 7,9	7,4 6,7 9,8	11 10,8 16,6	4,2 3,6 6,9	7,4 7,2 7,8	11 11,2 9,9	13,2 13,5 18,6		
4	R R Go9	Ta / 3,0+Gr.o. 1,5/3,0 (Pi) Cord. 0,33/3,0 (Cl.a)	pin negru pin silvestru	1654 455		1200 418	1000 381		2,8 3		6,4 6,6	10,5 10,9	3,1 4,5		10,9 10,2	11,9 11,4		

Tabelul 4.2 (continuare)

Tabelul 4.2 (continuare)

Nr. parcele experimentale	Forma de degradare, tipul de stațiune	Tehnica de împădurire, schema, compoziția	Specii forestiere existente	Număr de exemplare la hectar la vârsta de....ani					Înălțimea medie (m) la vârsta de....ani					Diametrul mediu (cm) la vârsta de....ani				
				20	25	30	35	20	25	30	35	20	25	30	35			
Perimetrul experimental Andreiașu																		
7	e1 E Fa 2	idem. 80 Pi 20Pa	pin silvestru paltin munte	1945 1704	1805 1665	1315 1190	257 1066	10,1 9,8	11,6 11,2	12,5 11,8	14,4 14,3	11,0 9,0	12,2 10,4	15,2 13,0	17,5 13,6			
1	e3 E Fa 8	Tn 0.75/1,5 : 1,0/1,5 80 Pi 20Pa -benzi	pin silvestru paltin munte	1329 404	1272 334	1033 230	230 155	9,8 8,7	11,8 10,2	12,9 11,0	16,3 13,4	12,9 7,7	14,4 9,6	17,4 13,0	20,6 16,4			
9	e4 E Fa 14	Tg / 1,5-2,0 : 1,0/3,0m 80 Pi 20Ar.t,Ci,Pa Ct.a - între terase	pin negru pin silvestru arțar lătărâsc cires	1600 140	1220	1190	840 50	6,7 6,8	6,9	9,1	12,0 12,5	9,2 8,7	11,7	14,1 8,1	16,1 18,4	16,1		
3	e4 E Fa 13	Tb/1,5-2,0 Tg / 1,5-2,0; 1,0/3,0m 50 Pi 50 Ct.a	pin silvestru călina albă	2176	1658	1564	588 80	8,4 1,3	9,1	10,3	14,1	7,3	10,2	12,8	17,2			
10	e4 E Fa 14	Tg / 1,5-2,0 1,0/3,0m 50 Pi 50 Ct.a	pin silvestru pin negru	1706 118		1088	971	6,7 7,3		10,1	11,9	9,1 10,1		13,6	15,9			
8	AI AI Fa 5	Gr.p 60Pi 20Pa 10An.a 10Sg	pin silvestru paltin munte anin alb	1052 659 363	986 644 274	652 578 185	311 533 141	9,6 9,4 10,1	10,7 10,0 11,0	12,0 11,2 11,8	13,8 12,9 15,1	11,0 7,9 10,0	12,3 9,9 12,0	14,8 12,6 14,4	16,5 14,5 16,2			

Legenda:

Semnificația simbolurilor tipurilor de stațiune – după C.Traci, 1985 (forma de degradare: e1...e4 = eroziune în suprafață moderată la foarte puternică; R = eroziune în adâncime; AI – alunecări).

Tehnici de împădurire : Tn 0.75/2,5-3 = terase simple cu lățimea de 75 cm, la distanța de 2,5-3 m din ax în ax ; Ta = terase armate vegetal, cu ramuri și drajoni de cătină albă; Tg = terase susținute de gardulețe ; Ti = terase înguste de 30-40 cm ; Tb = terase susținute de banchete ; Cord. = plantații cu cătină în cordoane; Pp = plantații cu puiet de pin repicați în punji de polietilenă ; Gr.o = gropi obișnuite de 30/30/30 cm ; Gr.v = gropi în vetre ; Gr.p = gropi cu pâlâni 1,0/1,5 m = schema de plantare; Compoziția de împădurire: 10-100 = proporția de participare; Pi, Pin, Ct.a. = simbolurile speciilor.

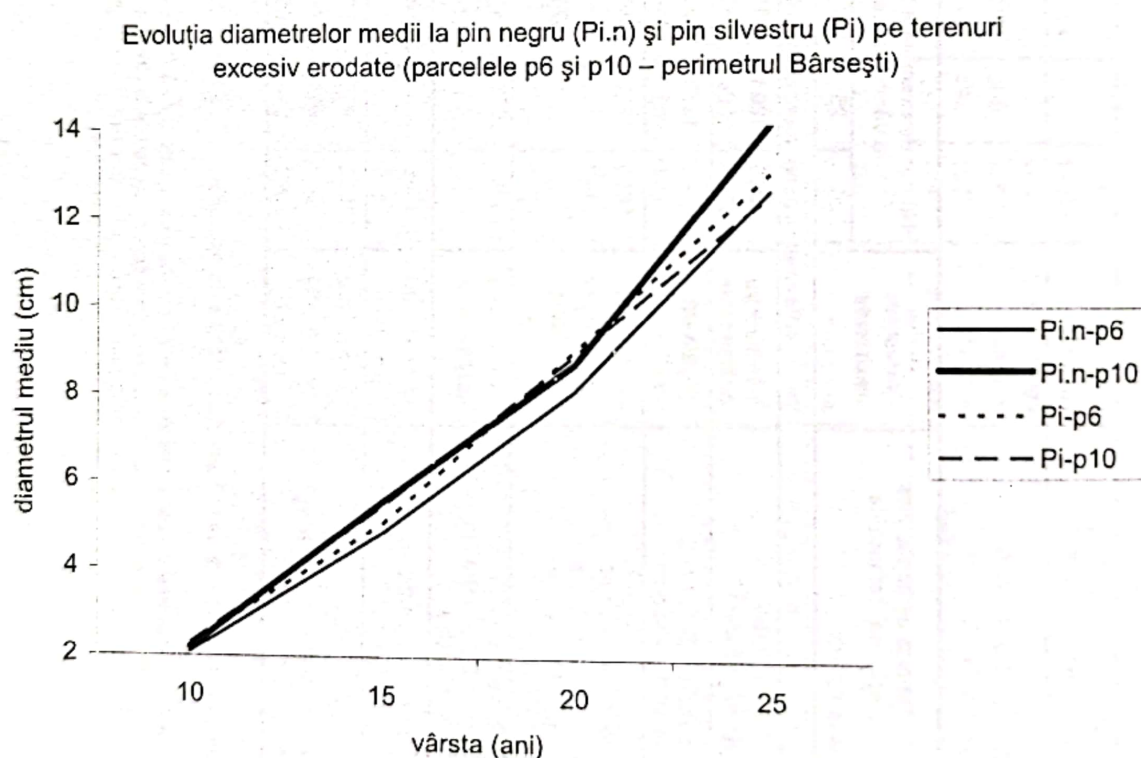
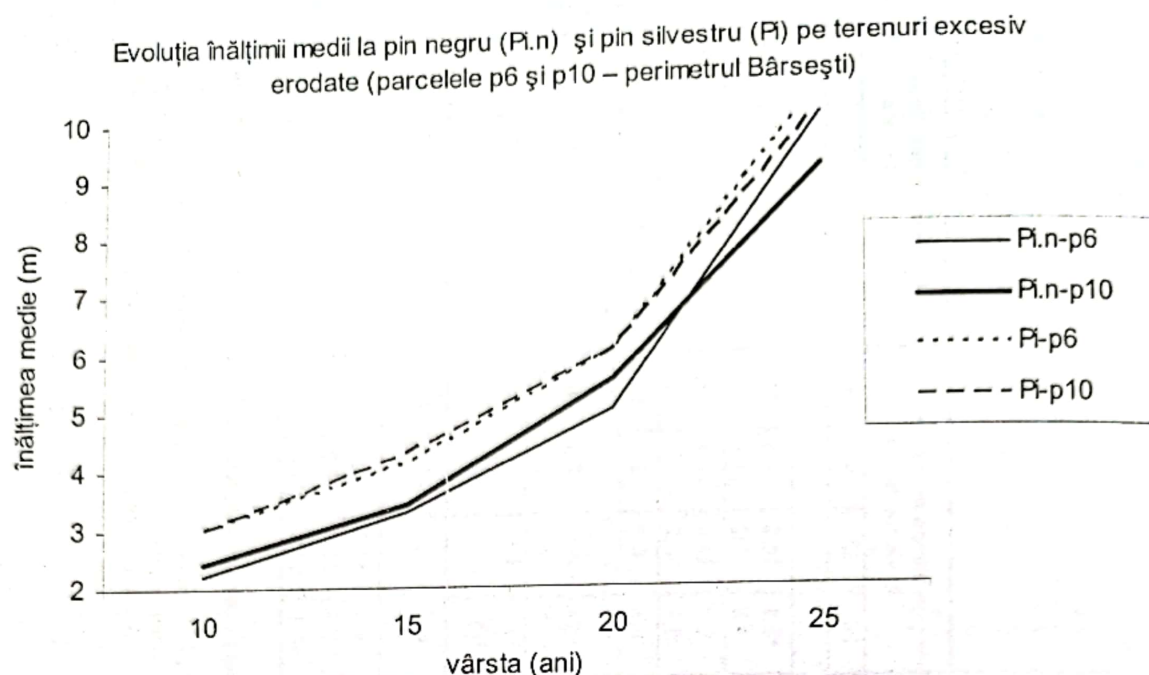


Fig. 4.1. Variația caracteristicilor biometrice ale pinilor pe terenuri degradate în raport cu condițiile staționale.

– Pe terenuri cu eroziune în adâncime (taluzuri de ravenă) au avut o comportare bună culturile de anin alb (îndeosebi pe taluzuri umbrite și intermediare, mai umede) care au realizat creșterea medie periodică în volum de 6 până la 8 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Rezultate bune sub aspectul stabilizării

eroziunii, protecției și ameliorării solului, s-au obținut și în cazul culturilor pure de cătină albă (îndeosebi pe taluzuri înșorite).

– *Pe terenuri alunecătoare cu deplasare în bloc sau slab fragmentate*, au prezentat o evoluție bună arboretele de pin negru și/sau pin silvestru, în amestec cu paltin, frasin, cireș și arbuști. Creșterile înregistrate în cazul culturilor cu bază de pin sunt cuprinse între 4 și 5 m³·ha⁻¹·an⁻¹.

– *Pe terenuri puternic fragmentate*, în microdepresiuni cu exces temporar de apă, au avut o evoluție bună culturile de anin alb și cele de salcie albă, care au înregistrat creșteri de 5...7 m³·ha⁻¹·an⁻¹.

În **subzona molidului**, cercetările au fost făcute în perimetrul Valea lui Bogdan din masivul Gârbova (bazinul Valea Prahovei), pe substrat de fliș (complexe de gresii, șisturi marnoase și calcare), în culturi cu vârsta de 40...50 de ani.

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, slabă la moderată*, cu soluri brune acide sau regosoluri, prezintă o stare activă de vegetație și o eficiență funcțională ridicată, culturile pure de molid, pin silvestru, pin strob, larice și pin negru sau în asocieri cu frasin și paltin. La 50 de ani, molidul a realizat înălțimea medie de 12,7 m, diametrul mediu de 16,5 cm și creșteri de circa 7 m³·ha⁻¹·an⁻¹, având o stare de vegetație foarte activă. Arboretul realizat are consistența plină, solul fiind foarte bine protejat.

Se evidențiază rezultatele foarte bune înregistrate în partea superioară a subzonei molidului, de către plantațiile de molid și larice în benzi (perdele) alterne, cu lățimea de 10...15 m. Laricele a realizat, în primii ani după plantare, creșteri mai mari în comparație cu molidul, oferind acestuia adăpostul și protecția necesară împotriva vânturilor dăunătoare.

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, puternică*, au prezentat o evoluție bună arboretele de larice și molid, precum și cele de pin silvestru sau de pin negru, în amestec cu paltin și frasin. Laricele, în culturi pure sau în benzi alterne cu molid, s-a dovedit a fi specia cea mai indicată pe cumpene de apă și pe versanții vântuiți. Aninul alb, plantat în benzi alterne cu pin silvestru, a avut o dezvoltare bună pe versanții adăpostiți de vânturile dăunătoare. Arboretele cu bază de pin silvestru și de pin negru au realizat creșteri volumetrice de circa 6...8 m³·ha⁻¹·an⁻¹, în partea mijlocie și cea inferioară a subzonei. În partea superioară a subzonei, pinii au prezentat o comportare mai slabă, fiind mai puternic afectați de rupturile produse de zăpadă și vânt. Aninul alb, plantat în benzi alterne cu pinul silvestru, a avut o comportare bună, pe versanții adăpostiți față de vânturile dăunătoare, în partea mijlocie a subzonei molidului.

– *Pe terenuri foarte puternic și excesiv erodate*, cu erodisoluri, au dat au dat rezultate bune arboretele de pin silvestru, care la vârsta de 50 de ani au realizat înălțimea medie de 16,2 cm, diametrul mediu de 19,4 cm și creșteri medii anuale de circa 8 m³·ha⁻¹·an⁻¹. Deși a fost afectat de rupturi de zăpadă și vânt în proporție de 20%, arboretul prezintă consistența 0,8.



Procesele de eroziune au fost stabilizate iar litiera s-a acumulat într-un strat de circa 1 cm. Aninul alb a dat rezultate bune în partea mijlocie și inferioară a subzonei, realizând arborete consistente, cu o bună eficiență funcțională. Cătina albă a dat rezultate bune până la altitudinea de 1 450 de metri, pe versanți excesiv erodați, cu roca la zi. După 7 ani de la plantare (în culturi cu 6 700...10 000 puieți la hectar), a acoperit bine terenul, asigurând o bună protecție antierozională și conducând la ameliorarea solului. Aninul verde a avut o dezvoltare bună în partea superioară a subzonei molidului, îndeosebi pe versanții vântuiți, unde a asigurat o bună protecție și ameliorare a solului.

– *Pe terenuri cu eroziune în adâncime*, reprezentate de taluzuri de ravenă, instabile, cu roca la suprafață, a dat rezultate bune aninul verde, plantat pe teren pregătit în terase sprijinite de gardulețe. După vârsta de 40 de ani, aninul continuă să prezinte o stare activă de vegetație și are o eficiență ridicată în stabilizarea taluzurilor instabile.

În **subalpin**, cercetările au fost făcute în perimetrul Valea lui Bogdan, pe substrat de fliș, în culturi cu vârsta de 40...50 de ani.

– *Pe terenuri slab până la moderat erodate*, cu soluri brune acide, au dat rezultate satisfăcătoare culturile de larice și cele de jneapăn. Deși condițiile edafice sunt destul de favorabile, datorită climatului nefavorabil (îndeosebi a vânturilor reci, puternice și încărcate cu zăpadă) și perioadei scurte de vegetație, arboretele de larice prezintă stare lăncedă de vegetație și creșteri reduse, precum și vătămări importante, cauzate de vânt și zăpadă. La 50 de ani, laricele de Bucegi a realizat înălțimea medie de 12 m, diametrul mediu de 21,4 cm și creșterea medie în volum de circa $3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Circa 25...30% din exemplare au fost rupte de zăpadă și vânt iar consistența s-a redus la 0,5, solul fiind înțelenit pe toată suprafața. La aceeași vârstă, laricele de Alpi a realizat înălțimea medie de 9,4 m, diametrul mediu de 13,2 cm și creșterea în volum de circa $2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Peste 50% din exemplare au fost afectate de rupturi de zăpadă și vânt. Exemplarele cu dimensiuni inferioare (diametrul < 10 cm) s-au uscat (circa 25% din numărul de arbori), consistența fiind de 0,4 iar solul fiind înțelenit pe toată suprafața.

– *Pe terenuri cu eroziune în suprafață, puternică*, au dat rezultate satisfăcătoare laricele și jneapănul. Laricele, deși a crescut mai slab, comparativ cu terenurile moderat erodate, a realizat totuși arborete consistente care, la vârsta de 40 de ani, prezentau înălțimi între 5 și 8 m. Jneapănul, introdus prin plantații la altitudinea de 1 550...1 600 m, sub cumpăna principală a bazinului Valea lui Bogdan înregistra, la vârsta de 35 de ani, înălțimea medie de 3m, asigurând o foarte bună acoperire și protecție a solului.

– *Pe terenuri foarte puternic și excesiv erodate și pe taluzuri de ravenă*, au dat rezultate satisfăcătoare jneapănul și aninul verde. La vârsta de 40 de ani, ambele specii prezintă o stare de vegetație activă, realizând înălțimi de 2,5...3 m și o bună acoperire și protecție a solului.

4.3. EFICIENȚA FUNCȚIONALĂ A LUCRĂRILOR DE ÎMPĂDURIRE CU PRIVIRE LA STĂVILIREA DEGRADĂRII TERENURILOR ȘI REGULARIZAREA REGIMULUI SCURGERILOR DE SUPRAFAȚĂ ȘI DE ADÂNCIME

Principala constatare reieșită în urma observațiilor efectuate este aceea că sub efectul direct al culturilor forestiere de protecție, în bazinele torențiale parcurse cu lucrări de amenajare hidrologică și antierozională, incluzând și împădurirea terenurilor degradate, are loc reducerea, până la limite normale (tolerabile), a proceselor de eroziune și deplasare în masă, concomitent cu reducerea scurgerilor lichide pe versanți și în rețeaua hidrografică. Stabilizarea proceselor de degradare a terenurilor reprezintă prima etapă a reconstrucției ecologice a acestora și condiția esențială pentru reluarea procesului de pedogeneză, în cazul terenurilor cu degradare avansată. Un moment definitoriu al acestor culturi în exercitarea funcției de protecție antierozională îl reprezintă realizarea stării de masiv, moment la care se realizează acoperirea solului de către vegetația instalată și se asigură protecția eficientă a acestuia împotriva impactului precipitațiilor.

Cercetările privind stăvilirea eroziunii solului și a deplasărilor în masă sub efectul culturilor de protecție au evidențiat următoarele constatări mai importante:

Eroziunea în suprafață pe terenurile degradate împădurite, folosite anterior ca pășuni, a fost practic oprită după 5...15 ani de la executarea lucrărilor de împădurire, în raport cu speciile (compozițiile de împădurire), schemele de plantare utilizate, natura și intensitatea degradării, prin efectul direct al culturilor forestiere de protecție.

Pe terenurile cu eroziune slabă până la moderată, procesul de eroziune a fost adus la limite normale după 8...12 ani, în cazul culturilor cu bază de pin, în raport cu condițiile fizico-geografice și caracteristicile solului; după 5...8 ani, în cazul celor cu bază de salcâm; după 10...14 ani în cazul celor cu specii de foioase (cvercinee, frasin, paltin, cireș și arbuști). Pe terenurile cu eroziune puternică, eroziunea s-a încadrat în limite normale după 10...14 ani în cazul culturilor cu bază de pin, și 6...10 ani în cazul celor cu bază de salcâm, iar pe cele cu eroziune foarte puternică la excesivă, după 10...15 ani, în cazul culturilor cu bază de pin; 8...10 ani, în cazul celor cu bază de salcâm; 6...8 ani, în cazul celor de anin; 10...15 ani, în cazul celor de sălcioară, cătină albă, amorfă sau alți arbuști.

Eroziunea în adâncime a fost stabilizată, în majoritatea cazurilor, după o perioadă de 10...20 de ani de la executarea lucrărilor de consolidare a albiilor și taluzurilor, asociată cu plantații de arbori și arbuști forestieri, în următoarele situații: după 10 ani de la executarea lucrărilor, pe ogașe situate pe versanți afectați de eroziune puternică până la excesivă; după

15 ani, pe obârșii, taluzuri și funduri de ravene, cu bazine de recepție având suprafața mai mică de 10 hectare; după 15...20 de ani pe taluzuri de ravene cu bazine de recepție având suprafața mai mare de 10 hectare și pe malurile pâraielor torențiale, în lungul aterisamentelor lucrărilor hidrotehnice transversale. Stabilizarea proceselor de eroziune în adâncime s-a produs mai lent, atât ca urmare a efectului combinat al lucrărilor hidrotehnice și culturilor forestiere instalate în condițiile staționale specifice acestor terenuri (pin silvestru, pin negru, salcâm, mojdrean, cenușar, cătină albă, păducel, pe taluzuri și anini, plop, sălcii, pe fundurile ogașelor și ravenelor și aterisamentele lucrărilor hidrotehnice transversale), cât și ca urmare a reducerii scurgerilor concentrate sub efectul lucrărilor de amenajare hidrologică și antierozională și a împăduririi terenurilor degradate din bazinul de recepție.

Acolo unde nu s-au produs concentrări mari ale apei provenite din scurgerea de pe versanți, pe ogașe și ravene mici, eroziunea în adâncime a fost oprită de regulă numai ca urmare a efectului lucrărilor de împădurire, constând din plantații de cătină albă sau de pin negru în asocieri cu cătină albă (cu puieți de pin negru crescuți în pungi de polietilenă, pe terase armate vegetal), după 10...15 ani de la executarea lucrărilor.

Pe formațiunile mari de eroziune în adâncime, unde lucrările de împădurire nu au avut o susținere adecvată cu lucrări de consolidare a rețelei hidrografice, stabilizarea eroziunii în adâncime s-a realizat parțial, în zonele neafectate de procese active de eroziune și deplasare în masă a terenurilor, după 15...20 de ani de la executarea lucrărilor.

Procesele de deplasare în masă (predominant prin alunecări) au fost oprite sau considerabil reduse (semistabilizate) pe mai mult de 80% din suprafață, după o perioadă de 15...25 de ani de la executarea lucrărilor de consolidare a albiilor și taluzurilor, asociată cu plantații de arbori și arbuști forestieri (în situațiile în care împăduririle au fost susținute în mod corespunzător de lucrări de consolidare și amenajare, constând în eliminarea excesului de apă din depresiuni, micromodelarea terenului și asigurarea unei scurgeri rapide a afluxului de apă care deversa către terenul în alunecare, asociate cu lucrări de consolidare a bazei versanților instabili). Analizele efectuate au evidențiat următoarele situații reprezentative referitoare la perioada de timp după care s-a realizat stabilizarea proceselor de deplasare sau atenuarea considerabilă a acestora: curgeri noroioase sau plastice, superficiale, după 15 ani de la executarea lucrărilor; alunecări superficiale, după 10...15 ani; alunecări profunde, după 15...25 de ani.

Se impune însă precizarea că stabilizarea alunecărilor cu profunzime mai mare de 3 m numai prin lucrări de împădurire s-a dovedit anevoioasă

sau chiar nerealizabilă, fără executarea lucrărilor de drenare a excesului de apă și a celor de susținere și de consolidare a bazei versanților.

Cercetările efectuate în perimetrul Bârsești-Vrancea din Subcarpații de Curbură asupra scurgerii superficiale și eroziunii solului (Untaru *et al.*, 1994, 2006; Constandache, Nistor, 2006; Constandache *et al.*, 2007), au pus în evidență că pe terenurile foarte puternic și excesiv erodate, împădurite, după vârsta de 10...20 de ani a culturilor s-a realizat o diminuare a scurgerilor de suprafață de peste patru ori, comparativ cu terenurile cu eroziune activă, practic lipsite de vegetație.

Din analiza datelor de cercetare pentru perioada 1991–2007, privind efectul culturilor forestiere de protecție instalate pe terenuri degradate asupra scurgerii în raport cu vârsta culturilor, se constată o creștere a eficienței acestora odată cu înaintarea în vârstă. La vârste de 12–15 ani, coeficienții medii de scurgere au înregistrat valori cuprinse între 1 și 3%, iar la vârste de peste 20–25 ani între 0,5 și 1,8%, în condițiile unor ani normali din punct de vedere al cuantumului precipitațiilor (anii 2003 și 2004) și între 1,2 și 2,3%, în condițiile excepționale ale anului 2005 sau ale creșterii cantității de precipitații din ploi torențiale (Constandache *et al.*, 2007).

Înregistrările pluviografice efectuate evidențiază că factorul decisiv în producerea scurgerilor torențiale este reprezentat, în special, de mărimea și intensitatea ploilor. Cele mai agresive s-au dovedit ploile mai mari de 40 mm, în 24 ore, mai ales atunci când acestea au căzut pe un sol saturat cu apă din precipitațiile anterioare. Sezonul critic este 1 mai...15 august, interval în care au căzut peste 75% din ploile torențiale, adeseori însoțite de furtuni și grindină.

Pentru perioada 1992–1995 (la vârste ale culturilor cuprinse între 13 și 17 ani), scurgerea superficială a avut următoarele valori:

- pe terenuri cu eroziune excesivă activă din suprafața martor (variantea martor), cu vegetație arbustivă rară pe 0,3 % din suprafață, între 7,1 și 7,3%;
- pe terenuri foarte puternic la excesiv erodate, stabilizate ca urmare a împăduririi cu pin negru și pin silvestru în asocieră cu cățina albă (în vârstă de 13...17 ani), între 1,0 și 3,0%;
- pe terenuri slab la moderat erodate, într-o pădure matură de fag, 1,5%.

Rezultatele obținute au condus la constatarea că ploile sub 30 mm, cu o pondere de 50...55% din cantitatea totală a precipitațiilor care au produs scurgeri, generează sub 15% din cuantumul eroziunii, iar cele mai mari de 30 mm, peste 85% din cantitatea de material erodat.

Turbiditatea medie (încărcarea cu aluviuni în suspensie) a apelor scurse a scăzut de la 84 g·l⁻¹ în cazul terenurilor foarte puternic la excesiv

erodate, neîmpădurite, la $7...13 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ în cazul terenurilor degradate împădurite, în timp ce într-o pădure matură de fag acest indicator a fost de $2,6 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$.

În mod corespunzător, eroziunea specifică medie s-a redus de la $57,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ în cazul terenurilor cu eroziune activă, practic lipsite de vegetație forestieră, la $0,41 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ în culturi forestiere cu bază de pin, având vârsta între 12 și 20 ani. După vârsta de 25 de ani a culturilor cu bază de pin negru (foto 4.4) și pin silvestru, eroziunea specifică medie a fost redusă sub $0,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$. Se impune însă precizarea că, în cazul terenurilor excesiv erodate cu pante mai mari de 30 de grade, total lipsite de vegetație, eroziunea specifică medie determinată prin măsurători cu repere de observație a atins valori de circa 300 de tone pe hectar și an (Untaru *et al.*, 1994, 2006; Constandache *et al.*, 2002).

Observațiile periodice efectuate au condus la constatarea că, odată cu ameliorarea solului și a microclimatului, concomitent cu regularizarea și reducerea marcantă a scurgerilor de suprafață, are loc și regularizarea scurgerilor de profunzime și refacerea izvoarelor, în arealele parcurse cu lucrări de împădurire. Vegetația forestieră instalată pe terenurile degradate prezintă, de asemenea, un rol important în atenuarea variațiilor de debit și, implicit, în asigurarea unor scurgeri permanente și echilibrate, inclusiv prin creșterea cantității de precipitații sub formă de zăpadă (reținute sub efectul vegetației forestiere) și întârzierea procesului de topire a acesteia (Untaru, 2000).

4.4. AMELIORAREA CONDIȚIILOR STAȚIONALE SUB EFECTUL CULTURILOR FORESTIERE DE PROTECȚIE

Lucrările de amenajare și de împădurire a terenurilor degradate din perimetrele de ameliorare analizate au condus la rezultate foarte bune în ceea ce privește oprirea proceselor de eroziune și deplasări în masă și ameliorarea condițiilor de vegetație. Eficiența funcțională a acestor lucrări s-a intensificat în timp, odată cu creșterea și dezvoltarea vegetației forestiere. Astfel, după 20–25 de ani, sub efectul culturilor de protecție instalate pe terenuri degradate din bazinele torențiale, terenurile a fost stabilizate între 91,3 și 92,2% din suprafață. În aceste situații, terenurile cu degradare în curs de stabilizare reprezentau circa 6% din suprafață. După 35–40 de ani, stabilizarea degradărilor s-a realizat pe mai mult de 95% din suprafața terenurilor degradate împădurite (95,4 ...96,0%) (foto 4.1–4.3).

Reducerea marcantă a scurgerii superficiale și a eroziunii solului sub efectul culturilor forestiere de protecție a condus la reluarea procesului de solificare în cazul terenurilor cu roca la suprafață, precum și la ameliorarea solurilor divers erodate și a solurilor în formare.

După 15...20 de ani de la instalarea culturilor, pe terenuri excesiv erodate, cu înclinare de 15...20 grade, în primii 3...5 cm de la suprafață s-a constatat acumularea de substanță organică și începerea formării agregatelor (glomerulelor) de sol. Sub presiunea rădăcinilor vegetației instalate (pini, salcâm, cătină albă, anin ș.a.) are loc dislocarea fragmentelor de rocă parțial dezagregată și mărirea volumului edafic, concomitent cu afânarea solului.

După aceeași perioadă de timp, s-a constatat formarea unui orizont de litieră de circa un centimetru grosime, în cazul culturilor cu bază de pin silvestru, și de 1...2 cm în cazul celor cu bază de pin negru. În culturile de salcâm, cătină albă și anini, stratul de litieră apare întrerupt și prezintă grosime mai mică datorită descompunerii mai rapide a acesteia.

Cercetările efectuate au pus în evidență că amestecurile de pin negru sau pin silvestru cu cătină albă conduc, în condiții staționate identice, la sporuri de creștere ale pinilor cultivați în amestec cu cătină (de 20..30%) față de culturile pure de pin, ca urmare a îmbogățirii solului în azot.

Foarte sensibil la ameliorarea solului prin aportul cătinei albe s-a dovedit și cireșul de pădure, specie care a realizat creșteri active, până la foarte active, în substituirii de cătină albă, pe terenuri foarte puternic sau chiar excesiv erodate. În mod similar, asocierea în cultură a plopilor cu anin alb sau anin negru, a condus la activarea creșterilor la ploi.

Dintre speciile lemnoase utilizate la împădurirea terenurilor degradate, care îmbogățesc solul în azot, fac parte: salcâmul și amorfa (urmare a simbiozei cu azotobacteriile), cătina albă, sălcioara, aninul negru și aninul alb (prin simbioza cu actinomicetele).

Efectele pozitive ale culturilor forestiere de protecție asupra ameliorării condițiilor de vegetație și, implicit, a solului, asociate cu cele de ameliorare a climatului, prin atenuarea extremelor termice și reducerea radiației solare, au condus, îndeosebi în cazul terenurilor cu soluri moderat până la puternic erodate, la instalarea pe cale naturală, la adăpostul speciilor de primă împădurire, a stejarului, gorunului, fagului, cireșului de pădure, frasinului, mojdreanului, paltinului ș.a. (foto 4.5).

Cunoașterea procesului de ameliorare progresivă a condițiilor de vegetație, cu deosebire a solului, prezintă importanță aplicativă în stabilirea compozițiilor de împădurire, pentru diferitele etape de succesiune a culturilor forestiere, în tranziția către tipurile naturale zonale de pădure.

Analizele pedologice efectuate în cadrul cercetărilor anterioare, în zona Subcarpaților de Curbură (Untaru *et al.*, 1994), pun în evidență faptul că acumularea de substanță organică în sol, în condițiile cele mai grele de terenuri cu rocă la suprafață, depinde de tipul de cultură, natura substratului litologic și condițiile climatice.

a



b

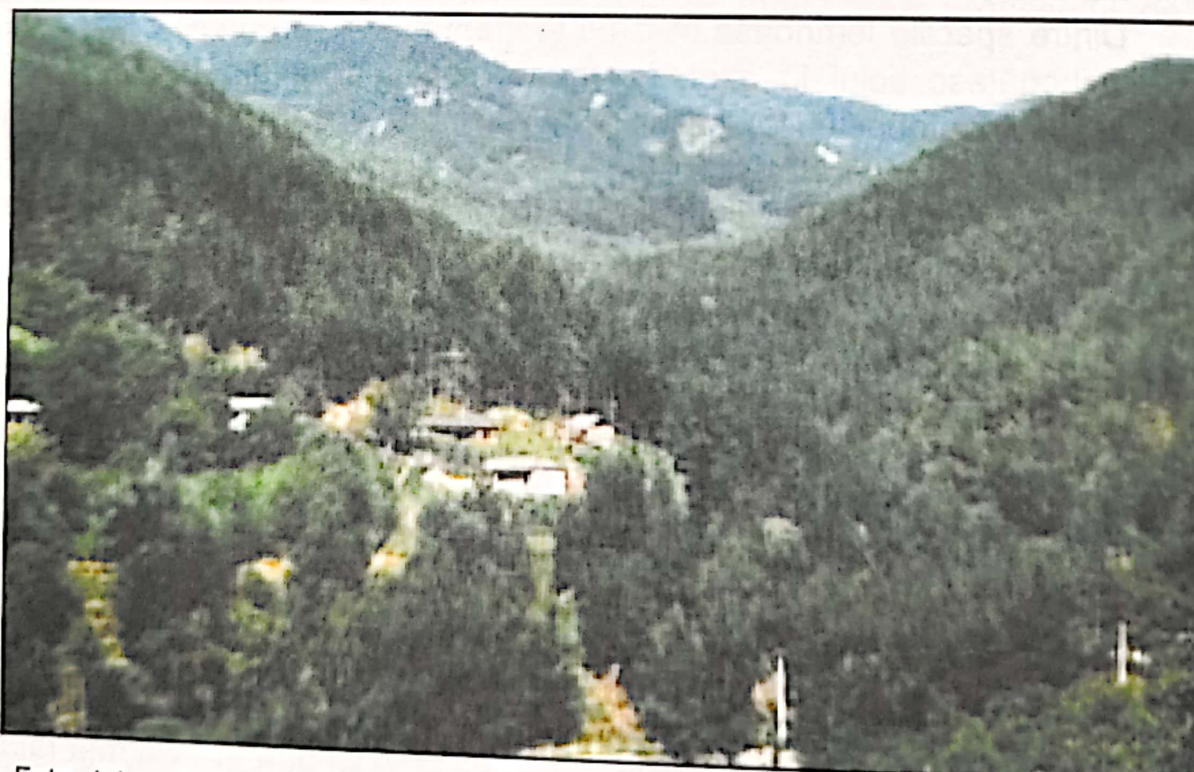


Foto 4.1 a, b. Vedere de ansamblu asupra bazinului torențial Roșoiu, perimetrul Andreiașu, în timpul executării lucrărilor de împădurire (Foto 4.1a: Bogdan, 1963) și după 34 de ani de la executarea acestora (Foto 4.1b: Untaru, 1997).

a

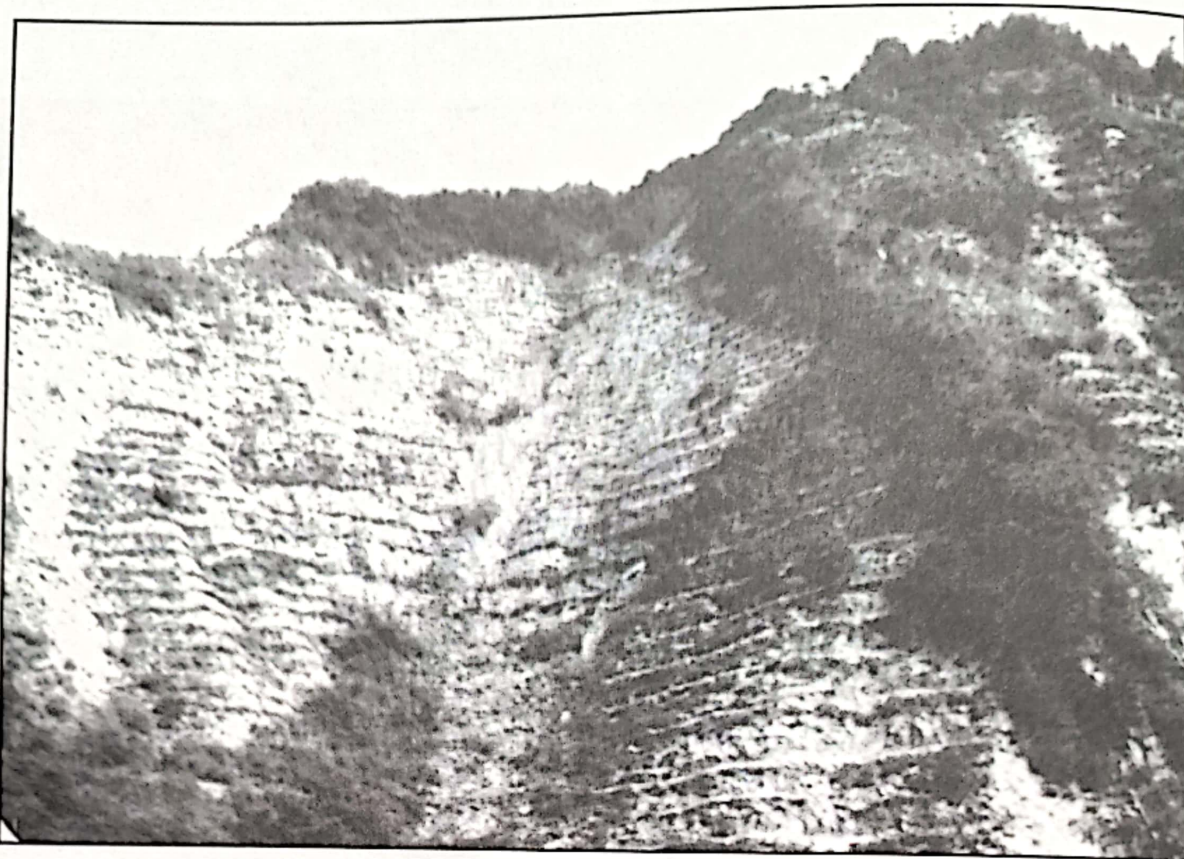


b



Foto 4.2 a, b. Vedere de ansamblu asupra perimetrului de ameliorare a terenurilor degradate din Valea Sării, județul Vrancea, înaintea lucrărilor de împădurire (Foto 4.2a: Costin, 1954) și după circa 42 de ani de la împădurire (Foto 4.2b: Untaru, Constandache, 1997).

a



b



Foto 4.3 a, b. Terenuri excesiv erodate din perimetrul experimental Bârsești, județul Vrancea, în al doilea an de la reinstalarea vegetației forestiere, prin plantații de pin negru pe terase armate vegetal (Foto 4.3a: Untaru, 1979) și după circa 20 de ani de la reinstalarea vegetației forestiere (Foto 4.3b: Untaru, Constandache, 1997).

În *silvostepă*, pe taluzuri de ravenă din perimetrul Livada, în alternanțe de loess cu nisip, pietriș și argile, după 45 de ani de la instalarea vegetației forestiere (sub efectul a două cicluri succesive de salcâm), acumularea de substanță organică în primii 5 cm era cuprinsă între 1,69 și 2,37% (în medie circa 2%); în următorii 10 cm, aceasta varia între 0,69 și 0,73% (în medie circa 0,7 %), iar la adâncimea de 15...30 cm era de circa 0,4%.

În același perimetru de ameliorare, pe taluzuri de ravenă, acumularea de substanță organică în primii 5 cm după 20 de ani de la instalarea culturilor era de 2,13% sub efectul culturilor de pin negru în amestec cu cătină albă; de 1,45% sub efectul culturilor pure de cătină albă, și de 1,45% sub efectul culturilor de salcâm. În următorii 10 cm, conținutul în substanță organică era de 1,68% sub efectul culturii de pin negru cu cătină albă; 0,84% sub efectul culturii de cătină albă, și 0,54% sub efectul culturii de salcâm.

În *subzona gorunului*, pe versanți excesiv erodați din perimetrul de ameliorare Valea Sării, după 40 de ani de la instalarea vegetației forestiere, reprezentată inițial prin tufărișuri de cătină albă, substituite ulterior cu pin negru, conținutul de substanță organică varia între 2,80 și 3,38% în primii 5 cm (în medie 3,10%), și între 0,93 și 2,22% în următorii 10 cm (în medie circa 1,6%).

Pe versanți excesiv erodați, în complexe de marne cu gresii, din perimetrul de ameliorare Bârsești, după 16 de ani de la instalarea vegetației forestiere, reprezentată de pin negru și pin silvestru în amestec cu cătină albă, conținutul de substanță organică varia între 1,49 și 2,09% în primii 5 cm (în medie circa 1,8%), și între 1,45 și 1,70% în următorii 10 cm (în medie circa 1,5%).

Pe taluzuri de ravenă, în complexe de marne cu gresii, după 16 de ani de la instalarea vegetației forestiere, reprezentată de pin negru și pin silvestru în amestec cu cătină albă, conținutul de substanță organică în primii 5 cm era de circa 1,3%.

În *subzona fagului*, pe versanți excesiv erodați, în complexe de marne cu gresii din perimetrul de ameliorare Andreiașu, după 30 de ani de la instalarea vegetației forestiere, reprezentată prin culturi de pin negru și/sau pin silvestru, în amestec cu cătină albă, conținutul de substanță organică varia între 2,80 și 2,91% în primii 5 cm (în medie 2,85%) și între 1,83 și 1,91% în următorii 10 cm (în medie circa 1,9%). În condiții asemănătoare, sub efectul culturilor de cătină albă, conținutul de substanță organică, în primii 5 cm, era de circa 3,1%.

Pe taluzuri de ravenă, în complexe de marne cu gresii, cu plantații de anin alb, după 30 de ani de la instalarea culturii, conținutul de substanță organică în primii 5 cm era de 3,4%.



Foto 4.4. Parcela experimentală pentru studiul scurgerii instalată în cultură de pin negru cu cătină albă pe teren foarte puternic la excesiv erodat, în vârsta de 25 de ani, perimetrul experimental Bârsești (Foto: Constandache, 2007).



Foto 4.5. Regenerare naturală de fag în goluri apărute în arboret de pin negru, ca urmare a rupturilor și doborâturilor produse de zăpadă și vânt, în perimetrul de ameliorare Arva-Milcov (Foto: Constandache, 2007).

Ameliorarea treptată și progresivă a condițiilor staționale, sub efectul direct al vegetației forestiere, a condus, după o primă perioadă de dezvoltare mai lentă a culturilor, la activarea creșterilor majorității speciilor forestiere utilizate la împădurirea terenurilor degradate, cu deosebire a celor de pin și mai ales după vârsta de 15...20 de ani a acestora. Treptat, aspectul cenușiu și dezolant al terenurilor degradate a fost înlocuit de paleta coloristică reconfortantă a vegetației forestiere instalate (caracterizată prin marea varietate de nuanțe, de la verdele deschis-argintiu al unor specii foioase, cum sunt cătina albă și sălcioara, până la verdele intens al pinului negru).

În același timp, vegetația forestieră de pe terenurile degradate creează în interiorul său un climat propriu, cu însușiri deosebite față de cel al terenului gol. Aceasta influențează favorabil mediul natural și indicatorii factorilor climatici. Prin diminuarea radiațiilor și extremelor de temperatură, reducerea evapotranspirației, creșterea umidității, reducerea intensității vântului, atenuarea adversităților climatice, pădurea instalată pe terenurile degradate contribuie la protecția și ameliorarea mediului din suprafețele învecinate, prin ferirea de îngheț a semănăturilor, dar mai ales prin reținerea unei cantități mai mari de zăpadă la nivelul terenului.

Deosebit de importantă, în contextul preocupărilor actuale privind combaterea poluării și preîntâmpinarea schimbărilor climatice la nivel global, este *funcția de asimilare a dioxidului de carbon în procesul de fotosinteză, eliberarea în atmosferă a oxigenului și stocarea carbonului în biomasă*. Din cantitatea de substanțe organice produse prin fotosinteză, o mare parte este folosită pentru alimentarea internă cu energie. În producerea biomasei, aproape jumătate din energie se consumă prin transpirație (dezasimilație). Restul reprezintă producția netă, din care mai puțin de jumătate este stocată temporar în lemn și scoarță, iar circa 10% intră în circuitul consumatorilor. Procesul de descompunere al necromasei asigură circuitul elementelor nutritive. O parte din substanțe sunt înglobate în corpul microorganismelor, iar o parte contribuie la formarea humusului care devine factor activ de nutriție odată cu mineralizarea lui.

Asemenea pădurilor, culturile forestiere de protecție, captează, transformă și înmagazinează energia solară. Bicenozele forestiere fixează, în medie, circa 13 tone dioxid de carbon pe an și hectar, deși absorb o cantitate de 3 ori mai mare (diferența de 2/3 este redată în atmosferă prin respirație). Astfel, un hectar de pădure eliberează anual circa 30 tone oxigen, *pădurile fiind considerate adevărate uzine biologice, producătoare de biomasă vegetală, la un randament bioproductiv ridicat*. După cantitatea de oxigen produsă și cea de dioxid de carbon consumată, acestea au un randament de aproape 4 ori mai mare decât culturile agricole și de 20 de ori mai mare decât planctonul din oceanul planetar. Pentru producerea unei tone de lemn arborii consumă și stochează în medie circa 1,8 tone dioxid de carbon și eliberează de trei ori mai mult oxigen (Blujdea, 2005; Giurgiu, 1978, 2004; Popescu *et al.*, 2004).

Pentru evidențierea aportului culturilor forestiere de protecție în această direcție prezentăm două situații: o cultură cu baza de pin în condiții de terenuri moderat la puternic erodate, care la vârsta de 60 ani (considerată vârsta exploatabilității) realizează un volum de masă lemnoasă de 481 m³ pe hectar, clasa a III-a de producție, stochează o cantitate de CO₂ (în lemn, ramuri, frunze și sol) de 490 tone pe hectar, cu o valoare de circa 3 000 Euro; o cultură de salcâm, tot pe teren moderat la puternic erodat, la vârsta de 30 ani, realizează un volum de 334 m³, clasa a III-a de producție, iar cantitatea de CO₂ stocată este de 537 tone pe hectar, valorând circa 3 200 Euro (după formula IPCC, 2003).

În consecință, ecosistemul forestier acționează ca un sistem biologic deschis, rămânând regulatorul cel mai sigur și mai important al raportului carbon/oxigen din atmosferă. Din acest punct de vedere, vegetația silvestră este o sursă regeneratoare a vieții fiind, în același timp, ea însăși regenerabilă.

Cum în ultimele două decenii, proporția dioxidului de carbon în atmosferă s-a majorat cu circa 15...20% (datorită poluării industriale a oceanelor, a reducerii suprafețelor de pădure etc.), menținerea integrității pădurilor și creșterea suprafeței acestora, prin împădurirea terenurilor degradate, reprezintă măsuri imperios necesare, de natură să conducă la reducerea poluării și a numeroaselor efecte negative exercitate de aceasta.

4.5. CONCLUZII

– Lucrările de amenajare hidrologică, antierozională și de împădurire a terenurilor degradate din perimetrele de ameliorare au condus la oprirea eroziunii și stabilizarea terenurilor alunecătoare pe mai mult de 95% din suprafața parcursă cu lucrări de împădurire, după 30 ani de la executarea acestora.

– Pe terenurile degradate împădurite, după vârsta de 15...20 de ani a culturilor se realizează o diminuare a scurgerilor de suprafață de peste 4 ori, comparativ cu terenurile cu eroziune activă, practic lipsite de vegetație. Turbiditatea medie a apelor scurse a scăzut de la 84 g·l⁻¹ în cazul terenurilor foarte puternic la excesiv erodate, neîmpădurite, la 7...13 g·l⁻¹, în cazul terenurilor degradate împădurite. În mod corespunzător, eroziunea specifică medie s-a redus de la 50...300 de tone pe hectar și an, în cazul terenurilor cu eroziune activă, practic lipsite de vegetație forestieră, la mai puțin de o tonă pe hectar și an, în aceleași categorii de terenuri, dar acoperite de culturi forestiere cu bază de pin, având vârsta de 15...20 de ani.

– Reducerea marcantă a scurgerii de suprafață și a eroziunii solului sub acțiunea directă a vegetației forestiere au permis reluarea procesului de solificare pe terenurile cu rocă la suprafață și au asigurat ameliorarea solurilor divers erodate și a celor în formare (îndeosebi prin creșterea capacității de reținere și înmagazinare a apei, ca urmare a măririi volumului

fiziologic al solurilor, transformării scurgerilor superficiale în scurgeri de profunzime și a refacerii structurii). Acumularea de substanță organică pe terenuri cu roca la suprafață (erodisoluri tipice), după vârsta de 20...30 ani a culturilor, în primii 3...5 cm, variază în raport cu tipul de cultură, natura substratului litologic, relief și condițiile climatice, între 1 și 4%, iar în următorii 10...15 (20) cm între 0,5 și 1,5%.

– Pe lângă rezultatele deosebite, legate de ameliorarea condițiilor de vegetație, s-a constatat realizarea unor arborete viabile, preponderent de pini, în culturi pure sau în amestec cu paltin, frasin, cireș ș.a. și culturi de salcâm, cu creșteri de $5...8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, pe terenuri moderat erodate; $4...6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ pe terenuri puternic erodate, și $2...4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ pe terenuri foarte puternic și excesiv erodate.

– Dintre factorii perturbatori care au produs daune, mai ales culturilor pure și dese de pin, se menționează secetele excesive (pe versanții înșoriți din silvotepă și subzona cvercetelor), rupturile și doborâturile produse de vânt și zăpadă, în zona forestieră. Cele mai periclitate s-au dovedit a fi arboretele pure de pin negru și pin silvestru dese, neparcuse la timp cu lucrări de îngrijire (curățiri), situate pe pante mai mari de 30 grade, pe versanți adăpostiți față de direcția vânturilor predominante (sub vânt). În arboretele de pin în amestec intim cu foioase, realizate la scheme de plantare mai largi (1/1,5; 2/1; 2/1,5 m), influența vătămătoare a vântului și zăpezii a fost mai puțin simțită. S-a constatat, totodată, o rezistență sporită la doborâturi a arborilor care prezintă conicitate mai pronunțată a trunchiurilor (coeficient de zveltețe mai mic).

– În scopul asigurării unei eficiențe funcționale ridicate pe întreaga perioadă a evoluției lor în timp, culturile de protecție instalate pe terenuri degradate necesită supraveghere atentă și intervenirea cu lucrări de îngrijire și conducere specifice, în raport cu stadiul de evoluție, compoziția arboretelor și condițiile staționale în care acestea evoluează. Neexecutarea la timp a acestor lucrări, cu deosebire în pinete, poate conduce, la distrugeri de mari proporții ale arboretelor prin rupturi și doborâturi produse de zăpadă sau/și vânt. Este indicat a se menține consistența arboretelor la valori de peste 0,75, cu deosebire în cazul terenurilor predispuse la reactivarea eroziunii. În arboretele de pin în amestec cu gorun sau fag, situate în condiții staționale mai favorabile, prin executarea lucrărilor de îngrijire și conducere vor fi promovate speciile de gorun și fag, precum și foioasele de amestec valoroase (paltin, frasin, cireș de pădure), în vederea asigurării tranziției către tipurile naturale de pădure.

– Ameliorarea condițiilor de vegetație în perimetrele de ameliorare, sub acțiunea vegetației forestiere, evidențiază în același timp posibilitatea ca, în următoarea etapă, în stațiunile favorabile (reabilitate sub efectul direct al vegetației forestiere) să fie introduse specii autohtone cu compatibilitate mare față de noile condiții, accelerându-se tranziția către tipurile naturale de pădure.

– Deosebit de importantă, în contextul preocupărilor actuale privind combaterea poluării și atenuarea consecințelor schimbărilor climatice la nivel global este funcția de asimilare a dioxidului de carbon în procesul de fotosinteză, eliberarea în atmosferă a oxigenului și stocarea carbonului în biomasă.

– Prin efectele de protecție și ameliorare a mediului, arboretele instalate pe terenurile degradate prezintă o importanță deosebită, beneficiile economice obținute din valorificarea lemnului și a altor produse având un rol secundar.

BIBLIOGRAFIE

- Blujdea, V., 2005, *Contribution of forestry to reduce emission of green house gases under strategic approach of climate change*, Romanian Academy Publishing House, Ed. V. Giurgiu, pp.132–137.
- Clinciu, I., 2001, *O prioritate a cercetării științifice la început de mileniu, pădurea și inundațiile*. Revista pădurilor nr. 3, pp. 7–13.
- Clinciu, I., 2002, *Noi dovezi (asigurate statistic) privind atenuarea inundațiilor de către pădure și folosirea acestora ca argument pentru creșterea gradului de împădurire*. Revista pădurilor nr. 1, pp. 16–22.
- Constandache, C. et al., 2002, *Cercetări privind evoluția proceselor torențiale și de degradare a terenurilor în bazine hidrografice torențiale din Vrancea, în vederea optimizării tehnologiilor de amenajare hidrologică și antierozională*, (tema A2.49/2002) – Arhiva ICAS București.
- Constandache, C., 2003, *Ameliorarea și refacerea pinetelor necorespunzătoare sub raport productiv și protectiv instalate pe terenurile degradate din bazinul hidrografic al râului Putna*, teza de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov, 298 p.
- Constandache, C., 2004, *Cercetări privind regenerarea sub masiv și introducerea la adăpostul masivului a unor specii autohtone valoroase, în arborete apropiate de exploatabilitate, de pe terenuri degradate*, Analele ICAS, seria I, vol.47 / 2004, pg. 63–81.
- Constandache, C., Nistor, S., 2006, *Eficiența lucrărilor de împădurire a terenurilor degradate din bazinul Putnei-Vrancea, în prevenirea și combaterea inundațiilor*, Revista pădurilor nr. 3, pp. 41–48.
- Constandache, C. et al., 2007, *Eficiența hidrologică și antierozională a culturilor forestiere de protecție instalate pe terenuri degradate*, lucrare prezentată la Conferința științifică "Managementul resurselor de apă la risc", organizată de INHGA în perioada 2–4 octombrie, București.
- Constandache, C. et al., 2007, *Asistență tehnică privind regenerarea sub masiv și introducerea la adăpostul masivului a unor specii autohtone valoroase, în arborete de pe terenuri degradate*, tema 6.3/RNP, Referat științific, Arhiva ICAS.
- Dumitru, M., Ciobanu, C., Manea Alexandrina, Cârstea, Șt., 2002, *Monitoringul terenurilor și solurilor agricole din Romania*, Volumul Academician Constantin Chiriță, in memoriam. Editura Ceres, București, pp. 215–230.
- Giurgiu, V., 1978, *Conservarea pădurilor*, Editura Ceres, București, 308 p.
- Giurgiu, V., 2004 – *Silvologie*, vol III B, *Gestionarea durabilă a pădurilor Romaniei*, Editura Academiei Române, București, 320 p.
- Greavu, M., Constandache, C., 1998, 2001, *Cercetări privind evoluția arboretelor de pe terenuri degradate și lucrări de conducere a acestora*, Referate științifice finale și îndrumări tehnice, Orizont 2000 – tema A42/1998 și A21/2001, Arhiva ICAS București.

- Munteanu, S., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Untaru, E., 1991, *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice, volumul I*, Editura Academiei Române, București, 328 p.
- Munteanu, S., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Gologan, N., Untaru, E., 1993, *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice, volumul II*, Editura Academiei Române, București, 310 p.
- Popescu, Gh., Pătrășcoiu, N., Georgescu, V., 2004, *Pădurea și omul*, Editura Nord Carta, Suceava, 604p.
- Traci, C., 1985, *Împădurirea terenurilor degradate*, Editura Ceres, București, 282 p.
- Traci, C., Untaru, E., 1986, *Comportarea și efectul ameliorativ și de consolidare a culturilor forestiere pe terenuri degradate din perimetre experimentale*, ICAS, Seria II-a, București, 70 p.
- Untaru, E., Greavu, M., Constandache, C., 1993, *Cercetări privind starea actuală și evoluția culturilor forestiere de pe terenuri degradate*, Referat științific final, ICAS București.
- Untaru, E. et al., 1994, *Cercetări privind dinamica și morfologia albiilor bazinelor hidrografice torențiale mici, cu diverse grade de împădurire*, Referat științific final, ICAS București.
- Untaru, E. et al., 1997, *Cercetări privind evoluția arboretelor de pe terenuri degradate și lucrări de conducere a acestora*, Referat științific final, ICAS București.
- Untaru, E., 2000, *Rezultate ale cercetării științifice privind reînălțarea pădurii în bazine hidrografice torențiale*. Simpozionul: Amenajarea bazinelor hidrografice în actualitate. Academia Română. București, octombrie 1998, pp. 37–43.
- Untaru, E., Constandache C., Nistor, S., 2006, *Împădurirea terenurilor degradate și prevenirea inundațiilor*. În volumul *Silvologie*, vol. V – Pădurea și regimul apelor, sub redacția Victor Giurgiu, Ioan Clinciu. Editura Academiei Române, București, pp. 232–244.
- ***, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2003, *Good practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, Institute for Global Environmental Strategies, Japan.

THE EFFECTS OF FOREST PLANTATIONS INSTALLED ON ERODED AND SLIDING LANDS, RELATED TO THEIR EVOLUTION IN TIME

ABSTRACT

The forestation works performed on lands with advanced degradation have had the greatest and most sustainable contribution in the rehabilitation of degraded lands, on one hand, and on the reduction of torrential discharges (solid, as sediments and liquid), on the other hand. After 25 years from the forestation works, land degradation was stopped on 90-95% of the area. The stopping, or stabilization of the degradation processes represents a first stage in the ecological rehabilitation of lands affected by degradation.

On very strongly and excessively eroded forested lands, after 20 years since the installation of cultures, the discharges of ground waters were reduced by 4–10 times, as compared to lands with active erosion, almost lacking vegetation. Accordingly, the average specific erosion was reduced from 50–300 t·ha⁻¹·year⁻¹ on lands with active erosion, almost lacking forest vegetation, to 1 t·ha⁻¹·year⁻¹, in forest cultures with pine as the main species with ages between 15 to 20 years.

The strong diminution of the superficial runoff and soil erosion under the impact of the protective forest cultures has led to the restoration of the pedogenesis process, on lands with stones and improvement of lands with different erosions and forming soils. Accumulation of organic matter on lands with stone (typical erodible soils) when cultures are 20–30 years old, in the upper 3–5 cm, vary, according to culture type, nature of lithological substratum, relief and climate conditions, between 1 and 4% and in the lower 10–15 (20) cm, between 0.5–1.5%.

Knowledge on the progressive improvement of vegetation conditions, and especially of soil, has a significant importance in establishing the forestation composition, for the following stage of forest culture succession, in transition toward zonal forest types.

Very important, in current preoccupations contextually concerning pollution control and climate changes at global level, are the assimilation role of CO_2 in the photosynthesis process, the oxygen liberation in the atmosphere and the carbon storage in biomass.

Key words: forest plantations, eroded and sliding lands.

5. COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI ȘI AMENAJAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE ÎN PATRIMONIUL SILVIC AL ROMÂNIEI

ANDREI ADORJANI¹, ȘERBAN DAVIDESCU², CORINA GANCZ³

5.1. INTRODUCERE

Concepută ca răspuns la marile dezastre cauzate de ape în țara noastră, dar și ca instrument de aliniere la inițiativa Uniunii Europene de a fi elaborată o Directivă privind inundațiile în Europa, *Strategia națională de management al riscului la inundații*, aprobată de Guvernul României la sfârșitul anului 2005, a stabilit atribuții concrete pentru mai multe ministere, autoritatea publică centrală care răspunde de silvicultură fiind vizată atât pentru aplicarea de măsuri și acțiuni de prevenire a declanșării inundațiilor, cât și pentru aplicarea unor măsuri după trecerea inundațiilor.

Pentru a fi prioritizate viitoarele preocupări în activitatea de cercetare-proiectare, propunerile din strategia referitoare la măsurile și acțiunile preventive au fost resistemmatizate după cum urmează (Clinciu, 2006):

Grupa I:

- identificarea zonelor de risc la eroziune și torențialitate și ierarhizarea lor în vederea promovării de noi lucrări antierozionale și de amenajare a torenților, și

- amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din patrimoniul silvic, pe baza unui plan de amenajare concordant cu planurile bazinale de gestionare a riscului la inundații.

Grupa a II-a:

- împăduriri în zonele de formare a viiturilor, a zonelor inundabile și a luncilor râurilor;

- lucrări de ameliorare a terenurilor degradate în bazinele hidrografice torențiale;

- exploatarea judicioasă a pădurilor existente și realizarea de noi suprafețe împădurite pentru reducerea debitelor maxime;

¹ Inginer dezvoltare tehnologică gradul I, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Stațiunea Brașov.

² Inginer dezvoltare tehnologică gradul I, Director tehnic al Institutului de Cercetări și Amenajări Silvice.

³ Inginer dezvoltare tehnologică gradul I, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice București.

– elaborarea unor ghiduri de bună utilizare a terenurilor din zonele silvice, pentru prevenirea producerii unor viituri rapide.

Din grupa măsurilor de aplicat după trecerea inundațiilor două sunt aspectele care vizează în mod direct silvicultura (Clinciu, 2006):

– analiza stării tehnice și funcționale a lucrărilor de amenajare a torenților și de combatere a eroziunii solului, inclusiv adoptarea măsurilor necesare de reabilitare/ refacere/reconstrucție,

– reanalizarea și amendarea planurilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale și de combatere a eroziunii solului.

Pentru a sprijini fundamentarea științifică mai ales a măsurilor și acțiunilor preventive, în cursul anului 2007, la solicitarea Institutului Național de Hidrologie și Gospodărirea Apelor, ICAS–București a realizat un număr de 11 studii privind combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din patrimoniul silvic al României. Aceste studii au acoperit toate cele 11 mari spații hidrografice ale țării (Someș–Tisa; Crișuri; Mureș; Banat; Jiu; Olt; Argeș–Vedea; Ialomița–Buzău; Siret; Prut; Dobrogea) iar lucrarea de față prezintă o scurtă sinteză a datelor cuprinse în cele 11 volume elaborate (^{xxx},2007 a....k), precum și o analiză sumară a acestor date, privite prin prisma celor mai cunoscute și reprezentative programe, realizări și concepții în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale și al ameliorării terenurilor degradate (Clinciu, 2001, 2005, 2006; Clinciu, Lazăr, 1992,1993; Clinciu, Davidescu, 2000; Clinciu Gaspar, 2005; Constandache, 2002; Constandache, Nistor, 2006; Costin *et al.*,1975; Davidescu, Clinciu, 2005; Dinu, 1974; Gaspar, Clinciu, 2006; Gaspar, Abagiu, 1974; Giurgiu, 1998, 2006; Munteanu, 1975; Munteanu *et al.*,1991,1993; Oprea *et al.*, 1996; Traci, 1985; Traci, Untaru, 1986; Untaru, Traci,1989; Untaru, 1993, 2000).

5.2. STRUCTURA ȘI MĂRIMEA FONDULUI FORESTIER. EFICIENȚA ACESTUIA DIN PUNCT DE VEDERE HIDROLOGIC ȘI ANTIEROZIONAL

5.2.1. STRUCTURA ȘI MĂRIMEA FONDULUI FORESTIER

Din suprafața totală a României fondul forestier, conform cadastrului apelor (ediția 1992) și a amenajamentelor silvice întocmite în perioada

1990–2005, reprezintă 26,7%, adică 6 331 783,4 ha. Structura pe categorii de folosință a suprafețelor cu destinație forestieră este următoarea:

	hectare	procente
– Păduri și terenuri destinate împăduririi	6 212 388,4	98,1
– Terenuri afectate gospodăririi pădurilor	64 199,2	1,0
– Terenuri neproductive din fondul forestier	39 065,3	0,6
– Terenuri scoase temporar din fondul forestier	16 130,5	0,3
Total fond forestier	6 331 783,4	100,0

După cum se observă și din tabelul 5.1, procentul de împădurire pe mari bazine hidrografice variază între 8,8% și 55,45%, în funcție de forma de relief predominantă din cuprinsul bazinului de recepție. Astfel, în timp ce pentru bazinele care se dezvoltă în principal în zona montană, procentul de împădurire este ridicat (Nera–Cerna, peste 50%), pentru bazinele a căror suprafață de recepție se dezvoltă în regiunea de câmpie, procentul este cel mai scăzut (Vedea, Prut, versanții direcți ai Dunării – sub 10%).

Tabelul 5.1

Repartizarea fondului forestier pe mari bazine hidrografice

Bazinul hidrografic		Suprafața		
Codul cadastral*	Denumirea	totală	fond forestier	
		km ²	km ²	%
I	Tisa	4 540	1 709,0	37,6
II	Someș	17 840	5 019,2	28,1
III	Crișuri	14 860	3 759,7	25,3
IV	Mureș - Aranca	29 390	9 150,6	31,1
V	Bega- Timiș - Caraș	13 060	3 117,3	23,9
VI	Nera - Cerna	2 740	1 516,8	55,4
VII	Jiu	10 080	3 777,1	37,5
VIII	Olt	24 050	8 404,3	34,9
IX	Vedea	5 430	478,1	8,8
X	Argeș	12 550	3 282,6	26,2
XI	Ialomița	10 350	2 360,9	22,8
XII	Siret	42 890	15 881,5	37,0
XIII	Prut	10 990	1 085,3	9,9
XIV	Dunăre	33 250	3 176,2	9,6
XV	Litoral	5 480	599,2	10,9
Total general		237 500	63 317,8	26,7

* Conform Cadastrului Apelor – ediția 1992.

În ceea ce privește categoriile de folosință din cuprinsul fondului forestier, pe bazine hidrografice, procentele prezentate la nivel național se mențin, cu

mici variații, de la bazin la bazin (tabelul 5.2). Într-adevăr, procentul pădurilor și al terenurilor destinate împăduririi reprezintă, în general, peste 97 % din suprafața fondului forestier; valori mai reduse se înregistrează doar pe versanții direcți ai Dunării și în zona Litoralului, unde se poate observa o pondere mai mare a terenurilor neproductive din fondul forestier (3,9% și respectiv 4,3%, comparativ cu restul țării, unde proporția terenurilor neproductive este sub 1%). Terenurile destinate gospodăririi fondului forestier reprezintă 0,7–1,4%, iar terenurile scoase temporar din fondul forestier dețin o pondere neglijabilă (sub 0,5% la nivel național).

Din punctul de vedere al funcțiilor prioritare îndeplinite de păduri, conform amenajamentelor silvice întocmite în ultimii ani, pădurile cu funcții speciale de protecție (grupa I funcțională) reprezintă 53,1%. Ca scuturi vii împotriva degradării solurilor și poluării surselor de apă, pădurilor li se atribuie un rol important în stoparea și, mai ales, prevenirea fenomenelor de degradare și torențialitate; 24,1% sunt păduri destinate în principal protecției terenurilor și solurilor, iar 14,5% sunt păduri cu funcții de protecție a apelor.

Tabelul 5.2

Structura folosințelor din fondul forestier pe mari bazine hidrografice (în % din suprafața totală)

Bazinul hidrografic		Categorii de folosință (%)				Total fond forestier ha
Codul cadastral	Denumirea	Păduri și terenuri destinate împăduririi	Terenuri destinate gospodăririi silvice	Terenuri neproductive	Terenuri scoase temporar din fondul forestier	
I	Tisa	98,1	1,0	0,4	0,5	170 901,0
II	Someș	98,6	0,9	0,2	0,4	501 915,0
III	Crișuri	98,6	0,8	0,4	0,2	375 967,0
IV	Mureș	98,6	0,9	0,5	0,0	915 059,0
V	Bega-Timiș-Caraș	98,5	1,2	0,2	0,1	311 729,0
VI	Nera-Cerna	97,5	1,1	0,7	0,7	151 683,0
VII	Jiu	98,5	0,8	0,6	0,1	377 710,0
VIII	Olt	98,7	0,9	0,4	0,0	840 434,0
IX	Vedea	98,1	1,1	0,6	0,1	47 811,0
X	Argeș	97,9	1,1	0,8	0,2	328 259,0
XI	Ialomița	97,7	1,2	0,5	0,5	236 093,5
XII	Siret	98,1	1,2	0,2	0,5	1 588 152,0
XIII	Prut	97,3	1,4	0,7	0,6	108 532,0
XIV	Dunăre	94,4	1,1	4,3	0,2	317 618,1
XV	Litoral	95,1	0,7	3,9	0,2	59 919,8
Total		98,1	1,0	0,6	0,3	6 331 783,4

După cum arată datele din tabelul 5.3, unde este prezentată repartitia arboretelor pe grupe și categorii funcționale, pentru fiecare bazin hidrografic în parte, pădurile cu funcții speciale de protecție a apelor, terenurilor și solurilor prezintă proporții variabile, de la 16,8% pentru bazinul hidrografic Prut până la 65,0% pentru versanții direcți ai Dunării, de procente însemnate de pădure încadrată în aceste două categorii funcționale beneficiind și alte două mari bazine de recepție: cele ale râurilor Argeș–63,2% și Vedea–54,9%.

Tabelul 5.3

Repartitia arboretelor din fondul forestier național pe grupe și categorii funcționale (%)

Bazinul hidrografic		Grupa I Păduri cu funcții speciale de protecție				Grupa a II-a Păduri cu funcții de producție și protecție
Codul cadastral	Denumirea	a apelor	a terenurilor și solurilor	Alte funcții speciale de protecție	Total Grupa I	
I	Tisa	9,4	22,6	10,6	42,6	57,4
II	Someș	7,4	13,5	14,3	35,2	64,8
III	Crișuri	11,5	13,8	8,1	33,4	66,6
IV	Mureș - Aranca	8,2	21,3	16,9	46,4	53,6
V	Bega- Timiș - Caraș	9,7	19,4	16,7	45,8	54,2
VI	Nera - Cerna	7,5	32,8	29,6	69,9	30,1
VII	Jiu	9,5	34,8	9,4	53,7	46,3
VIII	Olt	26,9	22,8	10,6	60,3	39,7
IX	Vedea	2,5	52,4	15,3	70,2	29,8
X	Argeș	19,0	44,2	21,1	84,3	15,7
XI	Ialomița	18,9	28,4	32,6	79,9	20,1
XII	Siret	13,9	23,6	11,4	48,9	51,1
XIII	Prut	5,3	11,5	8,0	24,8	75,2
XIV	Dunăre	34,8	30,2	25,7	90,7	9,3
XV	Litoral	0,0	19,6	20,0	39,6	60,4
Total		14,5	24,1	14,5	53,1	46,9

5.2.2. TERENURI NEPRODUCTIVE ȘI DEGRADATE DIN FONDUL FORESTIER

Din fondul forestier al țării, o suprafață de aproximativ 39 000 ha (reprezentând 0,6% din total), este ocupată de terenuri neproductive. Repartitia acestora pe mari bazine hidrografice este prezentată în tabelul 5.4.

Tabelul 5.4

Evidența terenurilor neproductive din fondul forestier

Bazinul hidrografic		Terenuri neproductive din fondul forestier							
Codul cadastral	Denumirea	Suprafața totală ha	Categorii de terenuri neproductive, în procente din suprafață						
			Stâncării, abrupturi	Bolovanișuri, pietrișuri	Nisipuri	Râpe, ravene	Sărături cu crustă	Mocirle, smârcuri	Halde de steril, gropi de împrumut
I	Tisa	714,1	35,0	32,1	0,0	4,6	0,1	24,4	3,8
II	Someș	754,5	35,9	18,0	0,0	5,3	0,1	33,1	7,6
III	Crișuri	1 472,3	62,7	18,2	0,0	2,3	6,5	6,6	3,7
IV	Mureș - Aranca	4 151,6	72,6	9,3	0,0	3,3	0,8	12,8	1,2
V	Bega- Timiș - Caraș	579,6	57,8	19,9	0,4	0,9	0,0	19,4	1,6
VI	Nera - Cerna	986,4	82,0	5,0	0,0	2,3	0,0	9,4	1,3
VII	Jiu	2 402,0	59,4	8,0	10,4	3,6	5,9	9,9	2,8
VIII	Olt	3 151,1	46,0	16,2	16,4	7,8	1,2	11,0	1,4
IX	Vedea	310,1	0,3	3,0	14,2	2,8	31,1	37,0	11,6
X	Argeș	2 564,8	37,4	26,7	2,8	6,1	7,8	15,5	3,7
XI	Ialomița	1 297,4	23,7	12,7	8,5	20,6	11,5	16,2	6,8
XII	Siret	3 840,5	39,1	12,7	8,6	14,3	5,2	18,3	1,8
XIII	Prut	774,6	4,4	0,6	2,0	13,0	8,0	68,2	3,8
XIV	Dunăre	13 705,5	19,6	6,4	31,8	3,5	2,2	31,3	5,2
XV	Litoral	2 360,0	34,6	55,3	0,0	7,5	0,0	1,6	1,0
Total		39 064, 5	37,8	13,9	14,6	6,0	3,4	20,8	3,5

Ponderea cea mai mare din terenurile neproductive este deținută de stâncării și abrupturi (37,8%), urmate de mocirle și smârcuri (20,8%). O suprafață destul de însemnată este afectată de bolovanișuri și nisipuri (13,9%).

Având în vedere că pădurile ocupă terenurile cu condițiile staționale cele mai eterogene și că unele suprafețe din fondul forestier sunt reprezentate de perimetre de ameliorare, constituite tocmai pentru combaterea fenomenelor de degradare, există și suprafețe afectate de diverși factori destabilizatori și limitativi, așa după cum se arată în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5

Terenuri din fondul forestier, afectate de fenomene de degradare

Bazinul hidrografic		Alunecări		Rocă la suprafață		Eroziune de suprafață		Eroziune de adâncime	
Codul cadastral	Denumirea	Total	Din care de intensitate puternică și foarte puternică	Total	Din care roca pe mai mult de 50 % din suprafață	Total	Din care foarte puternică și excesivă	Total	Din care foarte puternică și excesivă
		ha	% din total	ha	% din total	ha	% din total	ha	% din total
I	Tisa	1 513,3	1,3	42 676,5	6,1	1 815,20	5,1	316,3	0,2
II	Someș	9 311,1	4,5	74 509,2	6,8	3 995,60	3,1	2 173,0	2,1
III	Crișuri	1 282,5	6,4	78 097,2	11,1	3 303,10	2,4	1 776,4	7,5
IV	Mureș - Aranca	20 244,4	10,3	198 418,3	14,8	22 691,20	3,8	9 554,1	12,4
V	Bega- Timiș								
	- Caraș	652,7	0,1	79 890,9	8,8	4 153,50	3,5	221,9	4,1
VI	Nera - Cerna	516,7	0,2	75 306,5	12,6	3 417,50	10,2	711,9	0,0
VII	Jiu	8 551,0	3,5	50 968,0	10,5	21 681,40	8,9	8 048,3	2,4
VIII	Olt	8 589,2	4,5	176 864,4	4,7	31 660,90	6,2	14 570,5	4,3
IX	Vedea	131,4	5,4	16,6	26,5	220,30	5,4	178,1	0,2
X	Argeș	5 635,4	3,6	18 726,7	5,7	11 156,00	1,5	432,0	3,9
XI	Ialomița	2 776,7	6,4	1 339,4	100,0	4 458,10	16,9	860,5	18,9
XII	Siret	29 390,8	10,2	177 283,9	9,4	19 200,2	10,9	7 837,6	5,1
XIII	Prut	5 431,4	13,1	174,9	10,0	2 463,40	15,5	574,6	16,2
XIV	Dunăre	695,6	9,4	60 576,1	10,4	13 228,60	16,4	1 975,9	1,2
XV	Litoral	16,1	100,0	4 247,3	20,5	425,00	47,7	263,3	16,5
Total		94 738,3	7,9	1 039 095,9	9,8	143 870,0	7,9	49 494,4	5,9
% din suprafața fondului forestier		1,5	–	16,7	–	2,3	–	0,8	–

Conform tabelului 5.5, pădurile sau terenurile destinate împăduririi sunt afectate de următoarele tipuri de degradări:

- Alunecările de teren, care afectează 1,5% din suprafața pădurilor; pe 7,9% din această suprafață, fenomenul se manifestă cu intensitate puternică și foarte puternică;

- Eroziunea în suprafață afectează 2,3% din suprafața pădurilor; pe 7,9% din această suprafață, eroziunea este foarte puternică și excesivă;

- Rocă la suprafață, s-a identificat pe 16,7% din suprafața pădurilor; din terenurile astfel afectate, 9,8% reprezintă terenuri unde roca la suprafață afectează mai mult de 50% din suprafață;

• *Eroziunea în adâncime* afectează numai 0,8% din suprafața pădurilor. Preponderente sunt terenurile cu eroziuni slabe și moderate, eroziunea în adâncime foarte puternică și excesivă însumând 5,9% din suprafețele afectate de acest tip de degradare.

În modul de gospodărire al acestor terenuri se urmărește menținerea și asigurarea continuității vegetației forestiere atât pentru consolidarea suprafețelor afectate, cât și pentru evitarea extinderii proceselor de degradare.

5.2.3. EFICIENȚA ARBORETELOR DIN PUNCT DE VEDERE HIDROLOGIC

Cartarea calitativă a arboretelor din punct de vedere hidrologic conduce la o imagine de ansamblu, cu caracter prospectiv, asupra capacității hidrologice a vegetației forestiere dintr-un bazin, fiind posibilă, pe această cale, și compararea diverselor bazine între ele (sub raport torențial), precum și încadrarea lor pe urgențe de intervenție.

În tabelul 5.6 este prezentat rezultatul cartării calitative a terenurilor silvice din punct de vedere hidrologic, atât pe mari bazine hidrografice, cât și pe total fond forestier. S-a folosit în acest scop sistemul de cartare propus de Al. Apostol, în anul 1972, sistem care a fost ulterior completat și adaptat de Magdalena Ionescu, P. Dumitrescu și N. Lazăr (1973–1987).

Tabelul 5.6

Cartarea hidrologică a arboretelor

Bazinul hidrografic		Suprafața fondului forestier (ha)	Categorii hidrologice (% din suprafața totală)			
Codul cadastral	Denumirea		A	B	C	D
I	Tisa	170 901,0	26,9	52,1	19,6	1,4
II	Someș	501 915,0	25,1	55,2	18,6	1,1
III	Crișuri	375 967,0	35,5	46,9	16,2	1,4
IV	Mureș - Aranca	915 059,0	36,5	48,0	13,8	1,7
V	Bega- Timiș - Caraș	311 729,0	30,7	57,9	9,7	1,7
VI	Nera - Cerna	151 683,0	7,5	79,5	10,5	2,5
VII	Jiu	377 710,0	23,7	55,9	18,3	2,1
VIII	Olt	840 434,0	33,2	46,8	18,1	1,9
IX	Vedea	47 811,0	30,9	53,7	14,1	1,3
X	Argeș	328 259,0	27,2	51,2	16,2	5,4
XI	Ialomița	236 093,5	26,3	58,3	12,4	3,0
XII	Siret	1 588 152,0	28,2	55,3	14,1	2,4
XIII	Prut	108 532,0	21,0	61,5	15,6	1,9
XIV	Dunăre	317 618,1	9,1	63,1	21,3	6,5
XV	Litoral	59 919,8	8,9	75,4	11,5	4,2
Total		6 331 783,4	28,2	53,8	15,6	2,4

Arboretele cu eficiență hidrologică ridicată (categoria A) – reprezentate de arboretele mature, cu elemente de structură optime, care asigură (și) protecția maximă a solului împotriva eroziunii – sunt caracterizate printr-un indice de eroziune de numai $0,05-0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ și dispun de un potențial maxim de retenție în arboretele de 17 mm. La scara întregii țări, arboretele din această categorie ocupă 28,2% din suprafața totală a fondului forestier.

Arboretele de vârstă mijlocie, sau cele de productivitate mijlocie și inferioară, precum și cele atacate cu lucrări de regenerare, asigură o protecție mijlocie a solului (categoria B); ele dețin 53,8% din suprafața fondului forestier, realizează un indice mediu de eroziune de $0,2-8,0 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ și dispun de un potențial maxim de retenție de 10–15 mm.

Arboretele tinere și arboretele de la limita altitudinală a vegetației forestiere – reprezentând 15,6 % din suprafața fondului forestier – asigură o eficiență hidrologică redusă (categoria C), cu un indice de eroziune cuprins între $1,0$ și $8,0 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ și un potențial maxim de retenție cuprins între 7 și 12 mm.

În sfârșit, terenurile silvice cuprinse în categoria D – reprezentate de terenurile neacoperite de vegetație forestieră, drumuri, construcții, terenuri neproductive (degradate) – dețin o pondere de 2,4% din suprafața fondului forestier; ele au și eficiența hidrologică cea mai scăzută, indicele de eroziune fiind cuprins în intervalul $2,0-100,0 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, iar potențialul maxim de retenție se încadrează în intervalul 1–4 mm.

5.3. ESTIMAREA SUPRAFETELOR AFECTATE DE PROCESE DE DEGRADARE, LA BAZA ACȚIUNILOR DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE ȘI DE AMELIORARE A TERENURILOR DEGRADATE

Programarea unor acțiuni importante în domeniul amenajării bazinelor hidrografice torențiale (de corectare a torenților și de ameliorare pe cale silvică a terenurilor degradate), a fost precedată, în decursul timpului, de inventarierea și estimarea suprafeței terenurilor afectate de asemenea procese și manifestări. Astfel de acțiuni au fost inițiate și desfășurate încă din secolul trecut.

În baza Hotărârii Consiliului de Miniștri nr. 201/1953 specialiștii din sectorul agricol și silvic, procedând la identificarea și inventarierea terenurilor degradate, au stabilit următoarele date cu privire la natura degradărilor și suprafețele afectate¹:

¹ După „Pădurea, apa și mediul înconjurător” de Valeriu Dinu, Editura „Ceres”, apărută în anul 1974.

După studiile fostei Comisii Europene a Dunării rezultă că la Sulina, în intervalul 1862-1886, fluviul transporta un volum mediu de aluviuni în suspensie de circa 64 milioane m^3 , iar în intervalul 1887-1911 circa 75 milioane m^3 . În perioada 1921-1962, Dunărea a colectat și a transportat de pe teritoriul României circa 27 milioane m^3 aluviuni în suspensie, la care se adaugă 5-10% aluviuni țărâte (peste $1,1 m^3 \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$).

Pe lângă studiile fostei Comisii Europene a Dunării rezultă că la Sulina, în intervalul 1862-1886, fluviul transporta un volum mediu de aluviuni în suspensie de circa 64 milioane m^3 , iar în intervalul 1887-1911 circa 75 milioane m^3 . În perioada 1921-1962, Dunărea a colectat și a transportat de pe teritoriul României circa 27 milioane m^3 aluviuni în suspensie, la care se adaugă 5-10% aluviuni țărâte (peste $1,1 m^3 \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$).

Pentru completarea imaginii, la cele arătate mai sus trebuie adăugate mii de kilometri de ogașe, ravene și torenți, care sfârșesc în adâncime teritoriul țării, dezvoltându-se vertiginos sub acțiunea scurgerii torențiale a apelor de precipitații, cu deosebire în regiunea deluroasă și cea montană.

Procese complexe de degradare a terenurilor, în formele lor cele mai

- 4 729 587 ha teren arabii (50,1% din total arabii)
- 1 378 417 ha pășuni (48,6% din total pășuni)
- 855 696 ha fânețe (50,1% din total fânețe)
- 304 806 ha vii și livezi (71,2% din total vii și livezi)
- 418 107 ha păduri (6,7% din total păduri)
- 98 400 ha nisipuri mobile.

degradare se prezenta astfel:

După modul de folosință a solului, gruparea terenurilor afectate de

Total		râurilor	
50,9	4 330 088	10,2	863 631
36,5	3 107 976	1,1	95 898
1,2	98 400	0,1	7 651
-	2 667	-	2 667
100,0	8 506 311	100,0	8 506 311

• Eroziune de suprafață

- puțin perceptibilă până la moderată
- puternică și foarte puternică
- excesivă, până la rocă, depuneri
- Eroziune în adâncime
- Alte forme de degradare a solului:
- nisipuri
- terenuri în alunecare
- prundișuri și grohotișuri în albia majoră a

hectare procente

În "Studiul silvic de sinteză privind corectarea terenurilor și ameliorarea terenurilor degradate", elaborat în anul 1962 de către Institutul de Studii și Proiectări Forestiere (ISPF), au fost inventariate 2 043 hectare de ameliorare din care în 10 au fost executate lucrări. Suprafața totală era de 849 483 ha (din care a zonei de consolidare de 275 698 ha) și era repartizată în funcție de natura degradării a terenurilor astfel (în

Natura degradării	În fondul forestier	În afara fondului forestier	Total
- eroziune în suprafață	256 319	183 869	440 138
- incipientă	68 551	121 416	139 967
- moderată	28 673	100 676	124 349
- foarte puternică la excesivă	353 543	405 961	759 504
Total eroziune în suprafață	2 750	16 524	19 274
- eroziune în adâncime	3 037	8 313	11 350
- alunecări, surpări	1 159	29 326	30 485
- depozite aluvionare	13 170	1 146	14 334
- stâncării	2 748	11 788	14 436
- alte degradări	376 407	473 076	849 483
Total general			

Cu ocazia inventarierii terenurilor degradate, s-au identificat 3 100 formațiuni torențiale mai importante, suprafața totală a bazinelor de recepție aferente acestor formațiuni fiind de circa 1 429 200 ha. Lungimea totală a rețelei hidrografice din aceste bazine, inclusă în perimetre de ameliorare, era de 16 166 km, din care mai mult de jumătate (9 141 km) reprezenta lungimea totală a albiilor cu eroziuni și depuneri. S-a estimat că volumul mediu anual de aluviuni transportat de cele 3 100 formațiuni torențiale însumează circa 2 510 000 m³.

În "Studiul privind lucrările de amenajare a bazinelor torențiale în perioada 1976-2010" elaborat în anul 1975 (A. Costin, Al. Apostol, R. Gaspar, S. Munteanu) sunt prezentate o multitudine de date cu privire la bazinele hidrografice torențiale. Toate acestea au ca unitate teritorială cele 15 mari bazine hidrografice ale țării (conform cadastrului apelor). Din concluziile studiului de mai sus putem desprinde că:

- 5 735 447 ha din terenurile agricole ale țării sunt afectate de diferite forme de degradare și circa 60% din rețeaua hidrografică are un puternic caracter torențial. Din suprafața totală a terenurilor degradate, peste 2 000 000 ha erau cu eroziuni avansate, alunecări, nisipuri mobile etc. și necesitau intervenții urgente cu lucrări, iar dintre acestea aproximativ 700 000 ha erau terenuri foarte grav afectate, practic neproductive;

- suprafața celor 5 600 bazine hidrografice cu torențialitate excesivă însuma 1 915 000 ha, din care în fondul forestier 836 980 ha (43,7%) și 1 078 020 ha (56,3%) în teren agricol (pășuni, fânețe, livezi, arabii etc.) și teren neagricol;

Condițiile naturale de relief, substrat petrografic și climă, specifice României, coroborate cu gospodărirea uneori necorespunzătoare a fondului funciar (agrícola și silvic), au dus la situația în care procesele de torențializare a rețelei hidrografice și a celor de eroziune a solului să afecteze grav o parte din teritoriul țării.

Ca urmare a acțiunii și intensității acestor procese se diminuează productivitatea fondului forestier, iar viiturile torențiale afectează grav sistemele de lucrări pentru gospodărirea apelor, obiectivele hidroenergetice, căile de comunicație, localitățile, instalațiile industriale, terenurile agricole și silvice, drumurile forestiere, alte obiective economice și sociale.

Transportul excesiv de aluviuni colmatează rețeaua hidrografică colectoare și, ca urmare, diminuează capacitatea de tranzitare a debitelor lichide, sporind astfel frecvența și durata inundațiilor.

5.4. CARACTERIZAREA REȚELEI HIDROGRAFICE DIN FONDUL FORESTIER. FORMAȚIUNI TORENȚIALE AMENAJATE ȘI NEAMENAJATE

„Studiul privind lucrările de amenajare a bazinelor torențiale în perioada 1976-2010” a furnizat informații care au fost incluse și valorificate în „Programul național de perspectivă pentru amenajarea bazinelor hidrografice” (Legea nr.1/1976). Printre lucrările propuse în acest program au figurat următoarele:

- împădurirea și consolidarea de terenuri intens degradate 230 000 ha;
- lucrări hidrotehnice de amenajare a albilor torențiale, din care:
 - lucrări de corectare pe perioada 1976-2010 9 000 km;
 - volumul lucrărilor necesare (canale, trasee, praguri, baraje, diguri, ziduri de sprijin, epuri) pe perioada 1976-2010 32 500 m³.

– aluviuni de pe versanți:

	– aluviuni din albil
– din fond forestier	814 100 m ³ (0,97 m ³ ·ha ⁻¹)
– din fond agricol	9 686 900 m ³ (9,00 m ³ ·ha ⁻¹)
Total	10 501 000 m ³ (5,43 m ³ ·ha ⁻¹)
	7 759 000 m ³ (4,05 m ³ ·ha ⁻¹)

– transportul mediu anual de aluviuni din bazinele hidrografice torențiale a fost estimat la 18 260 000 m³ (9,53 m³·ha⁻¹), din care:

- lungimea rețelei hidrografice torențiale, în limitele celor 5 600 bazine hidrografice, era de circa 28 712 km;

În cursul anului 1996 a fost întocmită lucrarea „Studiu privind schema de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale – Inventarul lucrărilor executate în intervalul anilor 1950–1992 și necesarul de lucrări în perspectivă”, în cadrul căreia au fost inventariate toate formațiunile torențiale și perimetrele de ameliorare din fondul forestier în care au fost executate lucrări de corectare a torenților și de ameliorare a terenurilor degradate, până în anul 1992.

Pentru perioada scurtă între 1992 și 2007, evidențele cuprinse în studiul amintit au fost completate cu ajutorul datelor furnizate de administratorii fondului forestier (direcții silvice) sau de organele de control al aplicării regimului silvic din fondul forestier național (inspecții teritoriale de regim silvic și de vânătoare).

Pentru bazinele hidrografice în care fenomenele torențiale s-au intensificat recent sau în care nu au fost executate încă lucrări de amenajare, au fost preluate date din studiile întocmite de proiectanții de specialitate sau din propunerile administratorilor fondului forestier.

Tabelul 5.7

Rețeaua torențială din fondul forestier – lungimi de albi consolidate, lungimi de albi cu degradări

Bazinul hidrografic		Denumirea	Codul cadastral	TOTAL																		
Formații torențiale amenajate	Lungime rețea			Cu degradări	Lungime rețea	Formații torențiale neamenajate	Lungime rețea	Total formații torențiale														
I		Tisa	41	41,6	62,0	71,4	41,6	133,4	330,2	284,4	218,2	0,0	18,8	368,6	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0
II		Someș	67	59,4	4,1	326,1	59,4	330,2	284,4	218,2	0,0	18,8	368,6	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0	
III		Crășuri	110	120,5	49,1	235,3	120,5	284,4	218,2	0,0	18,8	368,6	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0		
IV		Mureș - Aranca	490	246,3	54,8	163,4	246,3	218,2	0,0	18,8	368,6	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0			
V		Bega - Timiș - Caraș	1	1,0	0,0	0,0	12,9	0,0	18,8	368,6	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0				
VI		Nera - Cerna	32	24,0	17,8	1,0	24,0	18,8	368,6	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0					
VII		Jiu	232	121,2	142,7	225,9	121,2	368,6	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0						
VIII		Olt	606	554,2	601,0	344,3	554,2	945,3	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0							
IX		Vedea	1	0,2	0,2	1,5	0,2	1,7	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0								
X		Argeș	349	256,1	125,4	24,3	256,1	149,7	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0									
XI		Ialomița	228	165,3	337,5	195,0	165,3	532,5	954,4	20,0	218,6	0,0										
XII		Siret	642	478,2	355,2	599,2	478,2	954,4	20,0	218,6	0,0											
XIII		Prut	8	16,3	9,5	10,5	16,3	20,0	218,6	0,0												
XIV		Dunăre	206	69,0	103,6	115,0	69,0	218,6	0,0													
XV		Litoral	31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														

Evidența rețelei hidrografice cu lucrări executate, numărul formațiilor torențiale pe care s-a intervenit și lungimea de albi cu degradări pe care nu s-a intervenit încă, se prezintă, pe mari bazine hidrografice, în tabelul 5.7. Din analiza datelor rezultă că în fondul forestier național:

- au fost executate lucrări de corectare a torenților și/sau lucrări de ameliorare a terenurilor degradate în 3 044 bazine hidrografice torențiale și perimetre de ameliorare;
- prin execuția lucrărilor s-a realizat o lungime consolidată de aproape 2 200 km;
- lungimea de albi cu degradări (albi și depozite de aluviuni în tranziție, cu maluri erodate sau instabile) este de 4 175,8 km, din care 1 862,9 km în bazine torențiale cu lucrări executate și 2 312,9 km în bazine torențiale noi.

Printre primele lucrări de corectare a torenților pot fi socotite, între altele, și cele executate de administrația căilor ferate între anii 1905 și 1912 pe Valea Prahovei, în bazinele torențiale Valea lui Bogdan, Valea Florei, Valea Conciu, Valea Mesteacănuului, Grupul de ravene Gălmăia ș.a. Perioada dintre cele două războaie mondiale este dominată de „Legea ameliorării terenurilor degradate” (anul 1930), care reglementează cadrul juridic de inventariere a terenurilor degradate, de constituire a perimetrelor de ameliorare, de proiectare, finanțare și execuție a lucrărilor necesare pentru împădurirea terenurilor degradate și corectarea torenților.

Caracteristic acestei perioade este faptul că s-a înregistrat o intensificare a lucrărilor, în special în bazinele râurilor Someș, Crișuri, Mureș, Banat ș.a.

În intervalul dintre anii 1950 și 1967, în sprijinul realizării planului de electrificare, respectiv pentru protecția lacurilor de acumulare și instalațiilor hidroenergetice, au fost construite numeroase lucrări pentru corectarea torenților din bazinele văilor Bistrița, Sadu, Jiu, Sebeș, Râul Mare, Ialomița, Drăgan, Lotru, Argeș, Dunăre – Porțile de Fier, Prut ș.a.

Pentru asigurarea protecției principalelor artere de comunicație interceptate de torenți, s-au realizat lucrări în bazinele văilor Prahova, Buzău, Argeș, Olt, Ampoi, Arieș, Jiu, Trotuș, Cerna, Dunăre amonte Orșova ș.a. Redresarea economică a unor regiuni ale țării, greu încercate de procese erozionale și torențiale, a necesitat ample intervenții ale sectorului silvic în Vrancea, Valea Telegașului, Valea Buzăului.

Începând din anul 1967, acțiunea de corectare s-a extins pe o serie de formații torențiale, pentru protejarea rețelei de transporturi forestiere

5.5. REALIZĂRI OBTINUTE ÎN ACȚIUNEA DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE. PERSPECTIVE

5.5.1. LUCRĂRI EXECUTATE

(drumuri și căi ferate) din bazinele: Bratîa, Azuga, Dobra, Doftana, Sebeș, Bâsca, Vișeu ș.a.

S-au inițiat și executat lucrări pentru protecția unor stațiuni balneare: Govora, Sovata, Olănești, Călimănești-Căciulata, Poiana Țapului, Sînic Moldova, Băile Herculane, Lacu Roșu, Sînaia ș.a.

S-a intervenit cu lucrări pentru protecția unor instalații industriale și miniere: Țârgu Ocna, Sadu, Comarnic, Ocnele Mari, Tașca ș.a.

Potrivit datelor cuprinse în diferite evidențe, rezultă că în perioada 1948-1966 au fost executate următoarele categorii și volume de lucrări:

- împădurirea terenurilor degradate (cu folosirea pinului, salcâmului etc.) și a aterisamentelor prapurilor și barajelor (cu salcie și anin) 80 427 ha;
- construcții hidrotehnice pentru corectarea torenților, din zidărie de piatră cu mortar de ciment sau beton simplu 752 700 m³;
- lucrări din lemn pentru corectarea torenților și ameliorarea terenurilor degradate (cleonașe, gardulețe, împrejmuiri) 5 532 km.

În tabelul 5.8 sunt prezentate rezultatele inventarierii formațiunilor torențiale și a lucrărilor evidențiate în cadrul studiului „Inventarul lucrărilor executate între anii 1950 și 1992, comportarea și efectul lor, propuneri pentru continuarea acțiunilor”, completate pentru perioada 1992-2007 cu datele cuprinse în studiile pe mari bazine hidrografice, reunite sub titlul „Combaterea eroziunii solului și amenajare bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic al României”².

Categoriile și cantitățile de lucrări executate pe rețeaua hidrografică și în perimetrul de ameliorare, între anii 1950 și 2007

Bazinul hidrografic	Codul cadastral	Denumirea	Numărul de formații tectonice		I	II	III	IV																																																					
			1	2																																																									
Lucrări de corectare a terenurilor degradate	Tipuri de lucrări	Longitudinale	km	ha	-	3	41	67	110	490																																																			
											Transversale	buc.	13	223	510	175	2487																																												
																		Lungime consolidată	buc.	11	41,6	59,4	120,5	246,3																																					
																									Împăduriri	m ³	9	-	72,4	378,1	623,3																														
																																Praguri din zidărie uscată	m	8	-	3337	12683																								
																																						Cieionaje	m	7	-	800	6060																		
																																												Șanțuri cu val	m	6	-	7810	19450												
																																																		Terasse cu banchete	m	5	-	44400	34954						
																																																								Terasse cu gardulele	m	4	-	8000	130463

² Documentație înlocuită de ICAS în perioada 1993-1996.
Documentație înlocuită de ICAS în anul 2007.

Tabelul 5.8 (continuare)

Evoluția activității în domeniul corectării terenurilor și ameliorării terenurilor degradate s-a făcut în etape, de la formele de intervenție cele mai simple către cele mai complexe.

În secolul al XIX-lea, pentru protecția solului, s-a acordat atenție prezentei vegetației forestiere, modulului de gospodărire și de exploatare a acesteia.

La începutul secolului al XX-lea, datorită unor decizii politice și greșeli din practica forestieră, România este confruntată cu declanșarea proceselor de degradare a terenurilor pe suprafețe din ce în ce mai mari, precum și cu scoaterea din producție, parțială sau totală, a acestora. Pentru remedierea situației se legitimează și se inițiază acțiuni de ameliorare a terenurilor degradate. În cadrul acestora, pe lângă împădurirea terenurilor se execută și lucrări de consolidare și corectare a ogașelor, ravenelor și torenților.

Dezvoltarea sectorului hidroenergetic și a căilor de comunicații, urbanizarea localităților etc. au reclamat trecerea în prim plan a preocupărilor pentru corectarea torenților.

Soluțiile concepute unilateral au făcut ca efectul lucrărilor executate pe albie să fie de scurtă durată. Treptat, din experiența acumulată pe parcurs, s-a ajuns la concluzia că amenajarea bazinelor hidrografice torențiale necesită aplicarea pe întreaga suprafață a acestora (de la obârșie și până la vărsare, atât pe versanți cât și pe rețeaua hidrografică), a unui „ansamblu unitar de măsuri organizatorice și de lucrări biologice, agrotehnice și hidrologice în scopul principal al controlului apei și protecției solului” (Munteanu, 1975; Munteanu et al., 1991). A fost aplicată această concepție cu precădere în bazinele hidrografice amenajate hidroenergetic și pentru alte scopuri de gospodărire a apelor, în cazul protecției unor obiective economice de interes național etc. Au existat însă și situații în care concepția de amenajare integrală și complexă nu a putut fi aplicată, în ansamblul ei, deoarece:

- nu au fost alocate fondurile necesare pentru toți deținătorii de fond funciar;
 - construcțiile hidrotehnice de corectare a torenților nu au fost însoțite și de lucrări pentru împădurirea terenurilor degradate, a surselor de aluviuni;
 - unii deținători de terenuri din bazinul de recepție au refuzat măsurile de organizare hidrologică și antierozională a folosințelor.
- Cu privire la împădurirea terenurilor degradate se pot face următoarele precizări:

- procedeu de împădurire aplicat pe scară largă a fost cel prin „plantare” și foarte puțin cel prin „semănături directe”;

¹ Tema 12RA/94 „Cercetări privind stabilitatea, rezistența și funcționalitatea lucrărilor hidrotehnice de corectare a torenților” – Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, 1994 (responsabil temă: dr.ing. N.Lazăr, dr. ing. R.Gaspar).

- pe terenurile în pantă, plantațiile au fost executate pe terase simple, sprijinite de gardulețe sau de banchete din zidărie uscată;
- terenurile cu mult schelet și stâncăriile cu solul în petice au fost împădurite cu puiet repicat în pungi de polietilenă sau cu pământ de împrumut la groapă;
- volumul cel mai mare de operațiuni a fost realizat manual;
- uneori, bazele versanților cu un grad ridicat de instabilitate, au fost consolidate în vederea împăduririi prin construcții hidrotehnice amplasate în albie; tipurile de lucrări folosite în acest scop au fost:
 - cleonașe simple și duble, amplasate la obârșia ogașelor și ravenelor;
 - prazuri din zidărie uscată, atunci când a existat piatră în vecinătatea amplasamentelor;
 - traverse, prazuri și baraje cu înălțimea utilă diferențiată după nevoi și cu posibilitatea de aterisare rapidă.
- în privința lucrărilor executate pentru corectarea torenților se pot face următoarele comentarii¹:
 - corectarea rețelei hidrografice torențiale este o activitate deosebit de complexă, ea desfășurându-se pe o perioadă lungă de timp, în care se execută lucrări, se repară și se completează cele existente, se execută lucrări de întreținere ș.a;
 - pe durata folosinței lor, lucrările pentru corectarea torenților sunt supuse unor procese distructive de către forțele care se dezvoltă în timpul viiturilor torențiale;
 - în decursul timpului au fost proiectate și executate o multitudine de tipuri de lucrări;
 - sub raport funcțional, construcțiile hidrotehnice au corespuns telurilor pentru care au fost executate, concluzie valabilă și în bazinele în care parte din lucrări au fost parțial avariate;
 - sistemele de lucrări au fost corect concepute, cu unele excepții unde capacitatea de retenție a fost supraevaluată;
 - dintre construcțiile de corectare a torenților au rezistat cel mai bine:
 - barajele de greutate cu secțiunea trapezoidală și efort de întindere pe paramentul amonte;

- barajele de greutate cu fundație evazată cu fruct mai mare pe paramentul aval și consolă mai scurtă;
 - barajele din plăci plane nearmate, pe contraforți;
 - barajele din contraforți și elemente prefabricate din beton armat tip „Cernica” și cele așezate pe contraforți cu paramentul amonte înclinat;
 - canalele cu secțiune dreptunghiulară sau cele având fructul 0,2, cu rosturi de tasare neuniformă;
 - construcțiile din zidărie de piatră cu mortar de ciment realizate din materiale de calitate.
- neexecutarea lucrărilor de reparații a dus și poate duce în continuare, în unele situații, la scoaterea din funcțiune a unor lucrări sau a unui sistem întreg.

5.5.3. PERSPECTIVELE ACȚIUNII DE AMENAJARE A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE ȘI DE AMELIORARE A TERENURILOR DEGRADATE

Conform studiilor întocmite de Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice în perioada 1996–2007, se estimează că, în următorii ani, în bazinele hidrografice torențiale din fondul forestier al țării, cu acțiunea în continuare sau în cele în care nu s-a intervenit până în prezent, este necesar să se intervină cu lucrări pentru:

- împădurirea terenurilor degradate 29 936 ha,
din care:
 - în bazine hidrografice torențiale cu lucrări executate 4 451 ha,
 - în bazine hidrografice torențiale noi 25 485 ha;
- punerea în siguranță a lucrărilor de corectare a torenților 127 000 m³,
existente
- consolidarea cu lucrări de corectare a torenților a albiilor 1 855 km,
cu degradări din care:
 - în bazine hidrografice torențiale cu lucrări executate 725 km,
 - în bazine hidrografice torențiale noi 1 130 km.

Centralizat, pe mari bazine hidrografice, propunerile de lucrări de corectare a torenților și de ameliorare a terenurilor degradate se prezintă în tabelul 5.9.

Tabelul 5.9

Lucrări propuse pentru continuarea acțiunii de corectare a torenților (CT) și de ameliorare a terenurilor degradate din fondul forestier

Bazinul hidrografic		Lucrări în bazine amenajate			Lucrări în bazine noi		Total lucrări propuse		
Codul cadastral	Denumirea	Împăduriri	Reparații	Lucrări de CT	Împăduriri	Lucrări de CT	Împăduriri	Reparații	Lucrări de CT
		ha	m ³	km	ha	km	ha	m ³	km
I	Tisa	202	610	10	105	36	307	610	46
II	Someș	940	2 995	5	194	141	1 134	2 995	146
III	Crișuri	312	2 050	17	72	118	384	2 050	135
IV	Mureș – Aranca	908	4 549	37	19	88	927	4 549	125
V	Bega – Timiș – Caraș	7	100	11	594	15	601	100	26
VI	Nera – Cerna	15	1 160	15	388	8	403	1 160	23
VII	Jiu	518	6 920	69	1 199	114	1 717	6 920	183
VIII	Olt	390	29 445	109	141	181	531	29 445	290
IX	Vedea	–	70	–	55	2	55	70	2
X	Argeș	230	9 596	52	386	24	616	9 596	76
XI	Ialomița	133	12 248	157	2 153	–	2 286	12 248	157
XII	Siret	301	55 427	182	7 297	326	7 598	55 427	508
XIII	Prut	245	580	10	834	11	1 079	580	21
XIV	Dunăre	250	1 250	51	11 410	66	11 660	1 250	117
XV	Litoral	–	–	–	638	–	638	–	–
Total		4 451	127 000	725	25 485	1 130	29 936	127 000	1 855

Apreciem că, datorită dinamicii fenomenelor de degradare și torențialitate, preocupările sectorului silvic trebuie să se centreze, în următorii ani, pe două direcții prioritare și anume:

– menținerea/repunerea în funcțiune a sistemelor de lucrări de corectare a torenților în bazinele hidrografice torențiale amenajate până în prezent (volumul intervențiilor fiind estimat la circa 127 000 m³);

– intervenția cu lucrări specifice în bazinele torențiale noi, atât pe versanți (prin împădurirea a circa 17 900 ha de terenuri degradate), cât și pe rețeaua hidrografică (prin consolidarea a circa 750 km de albie cu degradări).

Totodată, în condițiile în care gradul de împădurire a țării este mai redus decât cel optim și deoarece numai circa o jumătate din fondul forestier național mai este proprietate publică de stat, iar restul se află în proprietatea privată a persoanelor fizice și juridice, este de remarcat responsabilitatea pe care o au toți specialiștii din domeniul forestier pentru a sensibiliza atât guvernul cât și opinia publică în vederea gospodăririi

pădurilor în concordanță cu rolul lor prioritar – cel de protecție a factorilor de mediu.

Ideea pe care a exprimat-o, la un moment dat, atât de succint dar sugestiv, regretatul profesor Stelian Munteanu, anume că „*așa cum este gospodărită pădurea, așa este și regimul cursurilor de apă*”, este mai mult decât un îndemn profesional către silvicultorii țării; ea este un mesaj către posteritate, către toți cei chemați să găsească soluții durabile pentru restabilirea și menținerea unui regim echilibrat al apelor în spațiul hidrografic românesc, parte componentă a bazinului dunărean.

Iată de ce, la momentul împlinirii a 90 de ani de la nașterea marelui profesor și silvicultor român Stelian Munteanu, cea mai potrivită cinstire a memoriei acestuia ar fi să se treacă neîntârziat la declanșarea înfăptuirii „*Programului național de împădurire*” așa cum se prevede în articolul 88 din noul Cod silvic (Legea 46/2008), articol pe care, în încheiere, îl reproducem integral:

1. „Dezvoltarea fondului forestier și extinderea suprafețelor de pădure constituie o obligație și o prioritate națională, în vederea asigurării echilibrului ecologic la nivel local, național și global și se realizează prin *Programul național de împădurire*.

2. *Programul național de împădurire* prevăzut la alin. (1) se aprobă prin hotărâre a Guvernului, la propunerea autorității publice centrale care răspunde de silvicultură.

3. Realizarea *Programului național de împădurire* prevăzut la alin. (1) se face prin lucrări de împădurire a terenurilor din afara fondului forestier național și a terenurilor cu destinație agricolă, în vederea îmbunătățirii condițiilor de mediu și a optimizării peisajului, a asigurării și creșterii recoltelor agricole, a prevenirii și combaterii eroziunii solului, a protejării căilor de comunicație, a digurilor și a malurilor, a localităților și a obiectivelor economice, sociale și strategice, urmărindu-se împădurirea unor terenuri cu altă destinație decât cea silvică, în suprafață de 2 milioane ha, până în anul 2035”.

BIBLIOGRAFIE

- Clinciu, I., Lazăr, N., 1992, *Corectarea torenților*, Universitatea „Transilvania” Brașov, 250 p.
- Clinciu I., Lazăr, N., 1993, *Primele preocupări românești în domeniul corectării torenților și proiecția lor în contemporaneitate*. Revista pădurilor nr. 2.
- Clinciu, I., Davidescu, Ș., 2000, *Dinamica funcției hidrologice într-un bazin hidrografic împădurit, cu excedent de arborete exploatabile*. Revista pădurilor nr. 5
- Clinciu, I., 2001, *Corectarea torenților*. Curs universitar, Universitatea „Transilvania” Brașov, 248 p.
- Clinciu I., 2006, *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale*. Construcțiile forestiere în contextul gospodăririi durabile a pădurilor. Editura Lux Libris, Brașov, pp. 263–314.
- Clinciu, I., Gaspar, R., 2005, *Comportarea lucrărilor hidrotehnice de amenajare a torenților, o problemă de actualitate a cercetării științifice*. Revista Pădurilor nr. 5, pp. 36–43.
- Clinciu, I., Gaspar, R., 2006, *Cercetări privind funcționalitatea lucrărilor hidrotehnice de amenajare a torenților*. Revista Pădurilor nr. 5, pp. 3–9.



- ***, 2005, *Strategia națională de management al riscului la inundații. Prevenirea, protecția și diminuarea efectelor inundațiilor*. Guvernul României.
- ***, 2007 a, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Ialomița-Buzău*. ICAS, șef de proiect: ing. Corina Gancz, 116 p.
- ***, 2007 b, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Dobrogea-Litoral*. ICAS, șef de proiect: ing. Sândica Driu, 56 p.
- ***, 2007 c, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Crișuri*. ICAS, șef de proiect: ing. Cezar Ungurean, 73 p.
- ***, 2007d, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Someș-Tisa*. ICAS, șef de proiect: ing. Cezar Ungurean, 77 p.
- ***, 2007e, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Prut*. ICAS, șef de proiect: sing. Costică Anastasiu, 76 p.
- ***, 2007 f, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Olt*. ICAS, șef de proiect: ing. Cezar Ungurean, 123 p.
- ***, 2007 g, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Mureș*. ICAS, șef de proiect: ing. Cezar Ungurean, 111 p.
- ***, 2007 h, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Jiu*. ICAS, șef de proiect: ing. Cezar Ungurean, 72 p.
- ***, 2007 i, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Banat*. ICAS, șef de proiect: ing. Șerban Davidescu, 61 p.
- ***, 2007 j, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Argeș – Vedea*. ICAS, șef de proiect: ing. Sândica Driu, 121 p.
- ***, 2007 k, *Combaterea eroziunii solului și amenajarea bazinelor hidrografice torențiale în patrimoniul silvic din spațiul hidrografic Siret*. ICAS, șef de proiect: sing. Costică Anastasiu, 150 p.

EROSION CONTROL AND WATERSHEDS MANAGEMENT IN ROMANIAN FOREST AREAS

ABSTRACT

The forest represents the best protection shield against erosion, but its presence is not enough for the delay of the hydrological disorder and for stopping the torrential floods. For accomplishing their hydrological and antierosional functions, forest areas need to have a local distribution on the field and, especially, a certain structure.

This analysis shows that out of the whole surface of Romania, the area of forests represents 26.7% as in 6,331,783.4 ha. What is to remark is

that 53.1% of the forests have main protection function, of which 14.5% is for water protection and 24.1% is for land and soil protection.

With their present structure, the Romanian forests ensure a hydrologic efficiency which is maximum at 28.2%, medium at 53.8%, reduced at 15.6% and low at 2.4% of the surface.

Besides the above mentioned data, the paper contains a short inventory of the correction works of watershed management and land arrangements carried out in Romania in the course of time, and an estimation of the necessary working procedures for the upgrading of the most damaged lands and torrential water beds.

Therefore, till present, in 3,201 perimeters of amelioration, or torrential basins, in the forest areas, 67,193.4 ha of excessively damaged lands were afforested and 2,165.2 km of damaged waters beds were strengthened with torrent correction works.

In order to continue the struggle against degradation, it is considered necessary to carry out works in the torrential basins in the forest areas, in order to afforest 29,936 ha of degraded lands, to restore the existing damaged constructions (127,000 m³) and to strengthen 1,855 Km of degraded water beds.

Key words: torrential watersheds management, bad lands, forest structure, bad land improving works, torrential watershed management works.

6. ARGUMENTAREA PRIN INDICATORI A NECESITĂȚII AMENAJĂRII UNUI BAZIN TORENȚIAL

LUCIA NEDELICU¹, MIRCEA TUAS²

6.1. INTRODUCERE

E dificarea unui sistem de indicatori, adică a unei mulțimi reduse de indicatori buni, este o problemă dificilă. Nici un indicator nu poate exista în afara triadei scop-proces-indicator.

Construirea conștientă a unui scop, la orice nivel, se face în general în doi pași:

1. Formularea primară a scopului, la un nivel imprecis, ca o necesitate care a devenit conștientă – acest scop a fost denumit „obiectiv-necesitate”.

2. Formularea scopului în termeni concreți, preciși, prin intermediul unor indicatori adecvați. Acesta este „obiectiv-țintă”.

Obiectivele-necesitate nu sunt operaționale. Ele trebuie să fie „defuzzyficate” (descețoșate – nota autorilor) și formulate operațional, cantitativ, ca nivele și valori numerice de atins. Aceste nivele nu pot fi definite altfel decât prin intermediul indicatorilor” (Păun, 1982).

*

În contextul articolului, scopul este reducerea efectelor eroziunii într-un bazin torențial, iar indicatorii care sunt propuși exprimă cantitativ obiectivele-țintă de atins. Autorii au făcut apel la experiența proprie, la rezultatele unor dezbateri profesionale și la prevederile unor normative oficiale, pentru a defini indicatori pentru barajele de pe ravene.

Folosirea structurilor pe ravene este o soluție frecvent folosită în România în bazinele hidrografice mici, ravenele fiind afluenți de ordinul 3–5 ai unui curs important de apă. Rolurile lucrărilor sunt multiple și constau, în principal, în:

- limitarea dezvoltării pe adâncime a talvegului, prin aducerea lui la forma de echilibru, în sectoarele active de săpare-degradare;
- sprijinirea bazei malurilor în sectoarele cu surpări intense;
- consolidarea treptelor naturale de pe talveg;
- reținerea aluviunilor pentru evitarea colmatării emisarilor, în sectoarele de transport.

¹ Profesor universitar, doctor inginer, Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București, Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului

² Doctor inginer, Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Îmbunătățiri Funciare – Institutul de Studii și Proiectări pentru Îmbunătățiri Funciare

Efectele barajelor constau, în principal, în creșterea timpului de concentrare, reducerea vitezei de propagare a viiturilor pe ravenele amenajate și reducerea efluenței aluvionare. În felul acesta se reduce torențialitatea pe firul formațiunilor eroziunii în adâncime. Pentru controlul proceselor torențiale agresive pe întregul bazin hidrografic sunt necesare, în plus, regularizarea scurgerilor de pe versanți, în sensul creșterii timpilor de concentrare și stăpânirea eroziunii în bazinul de recepție, ceea ce înseamnă reținerea pe versant a aluviunilor fine.

6.2. OBIECTIVELE STUDIULUI. MATERIALE ȘI METODĂ

Pentru faza de studiu de fezabilitate, obiectivul studiului a constat din formularea unor criterii prin care să se argumenteze necesitatea structurilor și să se ierarhizeze prioritățile în proiectarea amenajărilor de pe ravene.

În cazul fazei de exploatare a lucrărilor, s-a urmărit obținerea de indicatori pentru caracterizarea comportării tuturor părților componente ale barajelor, pe perioadă lor de funcționare.

Pentru atingerea primului obiectiv am folosit metode de documentare și analiză pluridisciplinară a unor informații. De asemenea, am sintetizat și agregat unele argumente tehnice, economice, sociale și ecologice, din domeniul combaterii eroziunii în adâncime.

Pentru a răspunde celui de al doilea obiectiv am efectuat cercetări expediționare, observații și măsurători în teren, prin metode topo-geodezice pentru înregistrarea deformațiilor structurilor, consultări ale unor documente tehnice, istorice etc.

6.3. REZULTATE

6.3.1. PENTRU FAZA DE STUDIU DE FEZABILITATE

Am ajuns la concluzia că, pentru trierea ravenelor care să fie echipate cu lucrări am putea apela la:

- *Indicatori tehnici:* tipul și intensitatea proceselor de degradare din bazinul de recepție, caracteristicile hidraulice ale viiturii, accesul utilajelor de lucru în zonă, durata de execuție;
- *Indicatori economici:* importanța social-economică a obiectivelor care trebuie apărate, investiția specifică, durata de recuperare a investiției, raportul beneficiu/cost, locurile de muncă nou create, externalitățile investiției.

6.3.2. PENTRU FAZA DE EXPLOATARE A LUCRĂRILOR

Studiile de caz le-am efectuat în două bazine hidrografice – Argeșel și Cerna – situate în zone reprezentative, cu o mare densitate a ravenelor.

Pe 30 de ravene am realizat inventarieri de defecțiuni ale barajelor. Din totalul de 101 lucrări, am constatat că 68 (67,32%) prezintă defecțiuni.

Măsurătorile de pe ravene au avut ca scop determinarea de:

- *Indicatori tehnici*: panta aterisamentului; defecțiuni ale descărcătorului de suprafață și/sau ale corpului structurilor;
- *Indicatori economici*: costul lucrărilor de întreținere, sporul de producție agricolă.

6.4. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Pentru a avea o imagine cât mai realistă asupra necesității și oportunității unei investiții pentru amenajarea unei ravene (sau unui grup de ravene ce alcătuiesc un bazin torențial) se impune să dispunem de un set de criterii și indicatori.

6.4.1. PENTRU FAZA DE STUDIU DE FEZABILITATE

Propunem următoarele criterii: *Investiția specifică/km de ravenă amenajat; raportul beneficiu/cost; externalități ale investiției de bază; tipul și intensitatea proceselor de degradare din bazinul de recepție (înainte de amenajare); sporul prognozat de producție agricolă; timpul de recuperare al investiției; locuri de munca nou create; durata de execuție până la recepția finală* (Tuas, 2005).

Oportunitatea investiției rezultă în urma unei analize multicriteriale, instrumentele analizei fiind cele 8 grupe de criterii menționate mai sus. După alegerea criteriilor considerate adecvate pentru barajele pe ravene, am atribuit fiecărei grupe de criterii câte o pondere maximă, astfel încât suma ponderilor maxime să fie 100%.

În continuare, s-a stabilit în interiorul fiecărei grupe clase de valori în funcție de indici specifici grupei. Pentru evaluarea oportunității amenajării se înmulțește valoarea fiecărui indice cu ponderea sa și apoi se însumează rezultatele. Varianta cu suma cea mai mare se situează pe locul 1 în ierarhia priorităților (Nedelcu, Mițoiu, 2000). Rezultatele, conform Tuas 2005, sunt următoarele (în procente):

a. *Investiția specifică/km de ravenă amenajat (în procente)*:

Folosința agricolă predominantă din bazinul de recepție:

	Plantații viti-pomicole	Arabil	Pășuni și fânețe
>3000 Euro/ha	—	—	—
3000–2500 Euro/ha	10	5	3
2500–1500 Euro/ha	15	10	5
1500–500 Euro/ha	18	15	10
<500 Euro/ha	max. 20	18	15

b. Raport beneficiu/cost: c. Sporul prognozat de producție agricolă:

< 1	–	< 100 Euro/ha	–
1,00 – 1,10	10	200 – 300 Euro/ha	5
1,11 – 1,20	15	300 – 400 Euro/ha	10
1,21 – 1,30	max. 20	> 400 Euro/ha	max. 15

d. Externalități ale investiției de bază:

– reducerea debitului solid antrenat în rețeaua hidrografică	5
– reducerea suprafețelor inundate la producerea evenimentelor hidrologice	5
– efecte combinate	max. 20

e. Procesele de degradare și intensitatea lor înainte de amenajare, în bazinul de recepție:

• Alunecări		• Eroziune în adâncime		• Eroziune de suprafață	
Semistabilizate	3	0,6 – 2,2 km/km ²	4	Moderată	1
Potențiale	4	2,2 – 9,0 km/km ²	5	Puternică	2
Active	5	> 9,0 km/km ²	6	Excesivă	3
• Exces de umiditate		• Degradări asociate			
Precipitații	3	Două procese			5
Freatic	4	Trei procese			10
Mixt	5	Asociate (mai mult de 3)			max. 15

f. Timpul de recuperare al investiției: g. Locuri de muncă nou create:

> 10 ani	–	< 2 locuri de muncă	–
9 – 8 ani	2	2 – 4 locuri de muncă	2
8 – 7 ani	3	> 4 locuri de muncă max.	3
7 – 6 ani	max. 5		

h. Durata de execuție până la recepția finală:

> 2 ani	–
1 – 2 ani	1
< 1 an	max. 2

6.4.2. PENTRU FAZA DE EXPLOATARE A LUCRĂRILOR

S-au monitorizat 101 lucrări pe 30 de ravene (foto 6.1). Lucrările transversale de pe formațiunile torențiale sunt vulnerabile din cauza unor particularități, dintre care menționăm: generează captarea aluviunilor cu granulometrie mare; lucrează în condițiile unor energii mari de relief; sunt lucrări

în serie care își transmit succesiv efectele; suportă consecințele schimbării regimului de scurgere; nu pot fi echipate cu goliri de fund pentru situații excepționale sau accidentale; nu sunt echipate cu deversori laterali și nu pot fi by-pasate în situații de avarie; deversoarele sunt supuse unor sarcini suplimentare la impact cu plutitorii.



Foto 6.1. Avarii și disfuncționalități la lucrările transversale de pe ravene (Foto: Tuas, 2005).

Indicatorii pentru care s-au propus criterii de evaluare se referă la defecțiuni ale descărcătorului de suprafață și/sau ale corpului structurilor: numărul de lucrări avariate (din numărul total de lucrări) și ponderea tipurilor de defecțiuni.

Cele mai frecvente defecțiuni constatate la cele 68 de lucrări avariate sunt: afuierile localizate aval de dissipatorii de energie (37 buc. = 54,4%), colmatările parțiale ale paramentului aval (30 buc. = 44,11%) prăbușirea unei părți din lucrare (1 buc. = 1,47%) (Otlăcan, 1989).

Cauzele care au determinat și agravat degradările lucrărilor sunt următoarele: amplasarea lucrărilor în curbe; nerespectarea disciplinei în construcții; tăierea abuzivă a vegetației lemnoase instalate pe aterisamente sau pe maluri și slaba consistență a pădurilor din amonte sau din bazinul

de recepție; depozitarea de deșeuri menajere sau chiar din mica industrie locală în ravenele din extravilan; subdimensionarea disipatorilor de energie; schimbarea modului de folosință la nivel de bazin de recepție.

Pentru reducerea defecțiunilor date de afuieri, recomandările noastre sunt: alegerea tipurilor adecvate de disipatori de energie, prevederea unui pinten aval și execuția unei risberme.

Pentru reducerea numărului de lucrări colmatate parțial, se poate apela la execuția etapizată a lucrărilor, având în vedere incertitudinile în aplicarea principiului susținerii reciproce a lucrărilor.

BIBLIOGRAFIE

- Otlăcan, Lucia, 1989, *Disiparea energiei pe formațiunile eroziunii în adâncime*, Teză de doctorat, Institutul de Construcții București, 141 p.
- Nedelcu, O., Mițoiu C., 2000, *Îmbunătățiri Funciare și Protecția Mediului*, Editura Bren, București, 48 p.
- Păun, Gh., 1982, *Restricții în problema indicatorilor sociali*, Metode matematice în problematica dezvoltării, Editura Academiei RSR., 197 p.
- Tuas, M. 2005, *Cercetări privind comportarea lucrărilor hidrotehnice pe formațiuni torențiale în județul Vâlcea*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București, 230 p.

SUPPORTING THROUGH INDICATORS THE NECESSITY OF INTERVENTIONS IN TORRENTIAL WATERSHEDS

ABSTRACT

The paper deals with the establishment of a system of some appropriate indicators for torrential watersheds. The authors' proposal is to use eight categories of indicators in the design phase in order to argue the necessity of the structures and to set the design priorities of the projects on gullies. The other objective of the authors is to obtain indicators concerning the characterization of the behaviour of all component parts of the dams during the operating period.

Key words: gully erosion, technical and economic indicators, design phase, dams operating period.

7. EROZIUNEA ÎN ADÂNCIME ÎN BAZINELE HIDROGRAFICE TORENȚIALE MICI, CU FOLOSINȚE PREDOMINANT AGRICOLE, ȘI IMPACTUL ACESTEIA ASUPRA MEDIULUI

SEVASTEL MIRCEA*

7.1. INTRODUCERE ÎN PROBLEMATICA EROZIUNII SOLULUI

Procesul de eroziune hidrică a solului, ca hazard natural, este recunoscut ca fiind una dintre cauzele majore ale degradării ecosistemelor sol-teren în pantă din întreaga lume. Practic, dintre toate dezastrelor naturale – eroziunea solului, alunecări de teren, inundații, secete, incendii, cutremure de pământ etc. – cu care se confruntă frecvent și România, mai ales în ultima perioadă de timp, se consideră că eroziunea solului este cel mai grav, cu consecințe negative deosebite, atât imediate, cât mai ales pe termen mediu și lung.

Prin participarea activă la formarea reliefului și pagubele produse în mod deosebit pe terenurile agricole în pantă, dar și în aval de locul de manifestare, procesul de eroziune hidrică – de suprafață și în adâncime, dar și procesele asociate, au constituit o preocupare însemnată pentru numeroși specialiști, printre care geomorfologi, geografi, hidrologi, hidroamelioratori, pedologi, agronomi sau silvicultori, de cele mai multe ori interdisciplinar.

În ultima perioadă de timp a apărut o amplă bibliografie referitoare la terenurile degradate prin eroziunea hidrică și procese asociate, urmărindu-se cu deosebire latura aplicativă a ameliorării acestor terenuri și a corecției torenților. Multe dintre aceste lucrări se ocupă însă numai de fenomenul în sine, așa cum se prezintă el în momentul în care se iau măsurile de ameliorare, fără a se cerceta însă detaliat și cauzele care i-au dat naștere sau succesiunea etapelor prin care a trecut. Cercetările erozionale au fost orientate cu precădere asupra eroziunii de suprafață pe terenurile agricole din bazinele hidrografice torențiale mici, limitate în special la scara versanților, acolo unde se manifestă procesul erozional propriu-zis. Însă, și problema eroziunii în adâncime a devenit din ce în ce mai importantă, atât pe plan internațional cât și în România, fiind reflectată în principal prin numeroase manifestări științifice-conferințe, simpozioane etc., desfășurate recent în lume.

* Conferențiar universitar, doctor inginer, Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară, București, Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului

Această creștere a interesului față de eroziunea solului în general, eroziunea în adâncime în particular, este asociată cu creșterea îngrijorării cercetătorilor și a populației privind impactul nu numai în locul dar și în afara (aval) de locul de producere a eroziunii solului. Astăzi, este foarte bine cunoscut faptul că supraexploatarea resurselor de sol, mai ales în partea superioară a bazinelor hidrografice cu pante mari, contribuie implicit la creșterea producției de sedimente și a încărcăturii de nutrienți transportați odată cu aluviunile, ceea ce influențează astfel reducerea calității apei și a disponibilității ei pentru utilizatorii din aval. De altfel, în majoritatea întâlnirilor specialiștilor pe probleme de eroziunea solului/eroziunea în adâncime, se susține ideea binecunoscută că măsurile și lucrările antierozionale trebuie întreprinse cu precădere în amonte, acolo unde există cauzele majore, și nu numai în aval (*end of pipe*). Pentru fermieri, dezvoltarea formațiunilor eroziunii în adâncime contribuie în primul rând la reducerea suprafețelor cultivate și implicit a producțiilor agricole, precum și la mărirea dificultăților în efectuarea lucrărilor solului. Formațiunile de adâncime contribuie de asemenea și la creșterea drenajului natural în bazinele hidrografice torențiale și, ca o consecință indirectă, în timp, la intensificarea procesului de aridizare în unele zone din lume sau chiar și din țara noastră.

Totodată, fără a fi deloc surprinzător, eroziunea solului și sursele – respectiv transportul de sedimente, au devenit o preocupare importantă actuală și a factorilor politici și/sau de decizie de la nivel european (ceea ce, din păcate, nu se întâmplă și în România așa cum ar trebui de fapt!). Drept consecință, având în vedere faptul că dintre amenințările majore ale calității sistemului ecologic sol-teren, eroziunea solului ocupă un loc principal – poate chiar primul, alături de poluarea chimică, tasare, acidifiere sau reducerea conținutului de materie organică –, Biroul European pentru Mediu (EEB) din cadrul Comisiei Europene de la Bruxell – Programul VI de Acțiune pentru Mediu, a demarat încă din anul 2002 acțiunea complexă de elaborare a Directivei-Cadru a Solului (**Soil Framework Directive SFD**), în curs de finalizare în prezent, care se dorește a fi ceva similar cu foarte cunoscuta Directivă-Cadru a Apei, aflată deja în faza de implementare cu succes și în țara noastră. Implementarea celor două directive europene va contribui cu siguranță la realizarea dezideratului major de conservare durabilă a resurselor naturale de apă și sol.

La sfârșitul capitolului „Conservarea solului” din lucrarea „Probleme globale ale omenirii” (1988), Lester R. Brown arăta că: „În decursul istoriei, eroziunea solului a fost mereu o problemă locală. Anumite civilizații, ale căror sisteme de producere a hranei au fost subminate cândva, au fost în declin separat, fiecare la rândul său. Dar, în cadrul economiei globale integrate de la sfârșitul secolului al XX-lea, alimentele, ca și petrolul, reprezintă un bun de interes global. Oriunde ar avea loc pierderi excesive de humus, acest lucru va afecta până la urmă prețurile la alimente în lume”. O constatare fără comentarii!

7.2. UNELE ASPECTE PRIVIND RĂSPÂNDIREA EROZIUNII ÎN ADÂNCIME ÎN LUME ȘI ÎN ROMÂNIA ȘI CONSECINȚELE ACESTEIA ASUPRA MEDIULUI

Eroziunea în adâncime este prezentă în marea majoritate a bazinelor hidrografice torențiale cu terenuri în pantă afectate de procese de modelare continuă a reliefului. Prin numai câteva exemple elocvente se poate scoate în evidență amploarea acestui proces de degradare a sistemului sol-teren în unele țări din lume și din România, astfel:

- Bazinul Mediteranean este un prim exemplu edificator, unde o suprafață importantă din regiune este grav afectată de eroziunea în adâncime datorită caracteristicilor climatice și litologice. Astfel, în Grecia, circa 40% din suprafața totală a terenurilor cultivate este afectată de eroziune, iar peste 800 torenți activi transportă din zonele înalte spre terenurile joase peste 30 milioane m^3 material solid, sub formă de suspensii și târâte (Vousaros citat de Băloiu, 1986); terenurile agricole din N-E Spaniei sunt afectate în proporție de 20–31,9% de eroziunea în adâncime (Casasnovas, 2000);

- în vestul Europei, contribuția eroziunii în adâncime sub formă de rigole adânci și/sau ogașe (*ephemeral gully*), respectiv pierderea totală de sol prin eroziunea hidrică se ridică la 30–40%, ajungând chiar până la 80% (Poesen *et al.*, 1996, citați de Sidorchuk, 1999);

- în Rusia, suprafața de teren degradată prin eroziune se mărește anual cu cca 400–500 mii ha; în prezent, procesul erozional afectează aproape două treimi din suprafața arabilă a țării. Prin eroziunea hidrică s-au format aproximativ 400 mii de formațiuni de adâncime, care acoperă o suprafață mai mare de 500 mii ha (Gardner, 1996);

- în Australia, țară în care predomină pajiștile naturale, volumul de material solid pierdut urmare a eroziunii în adâncime se ridică la circa 14 miliarde m^3 . Sedimente provenite din eroziunea în adâncime sunt mereu prezente în cursurile de apă și au un impact negativ asupra ecosistemelor acvatice (Wasson *et al.* citați de Sidorchuk, 1999);

- în Pakistan, circa 75% din suprafața țării este afectată de eroziunea hidrică și eoliană, iar formațiunile de eroziune în adâncime afectează 36% din suprafața agricolă ocupând circa 60% din cele 1,8 milioane ha ale Platoului Pothwar (Gardner, 1996);

- în China, eroziunea solului afectează 3,67 milioane km^2 , ceea ce reprezintă mai mult de o treime din suprafața țării. Platoul de Loess, cu o suprafață totală de 0,62 milioane km^2 , este afectat de procesul de eroziune hidrică pe 0,43 milioane km^2 , dintre care eroziunea de suprafață excesivă inclusiv eroziunea în adâncime afectează o suprafață de 0,27 milioane km^2 . Eroziunea în adâncime contribuie aici cu 60–90% (Li Yong *et al.*, 2005), din totalul sedimentelor produse de pe terenurile agricole;

- în India, eroziunea în adâncime afectează 3,669 milioane ha, ceea ce reprezintă peste 1% din suprafața țării. Numeroase ravene din Câmpia Gangelui au adâncimi ce depășesc 60–80 m (Haigh, 1989, citat de Hurjui, 2000);

- în Lesotho, țară cu o suprafață de 30 000 km², aproximativ 20 000–30 000 de ravene mari ocupă 4% din suprafața arabilă (Wenner, 1989, citat de Hurjui, 2 000);

- în Etiopia, ravenele pot fi întâlnite la tot pasul, indiferent de caracteristicile climatice, pedologice, litologice etc., afectând suprafețe foarte întinse. Acestea se dezvoltă pe pante relativ reduse, ce nu depășesc 10°, iar volumul pierderilor de sol datorită ravenării a devenit o serioasă problemă în ultimele decenii, ceea ce a condus la reducerea drastică a suprafețelor cultivate, într-o țară deja săracă (Billi *et al.*, 2003);

- în Chile, suprapășunatul pe terenurile înalte este cauza majoră a eroziunii în adâncime, unde se înregistrează volume erodate de circa 190 t · ha⁻¹ · an⁻¹, în Easter Island-Rapa Nui (Mieth and Bork, 2005, citați de Valentin *et al.*, 2005).

Cauzele majore ale eroziunii în adâncime în zonele mai sus citate sunt reprezentate în general de factorii antropici (despăduririle masive, luarea în cultură a unor terenuri cu pante mari, practicarea unei agriculturi necorespunzătoare etc.), coroborați cu cei naturali (relief accidentat, schimbările climatice etc.).

În România, eroziunea hidrică a solului afectează practic toate terenurile agricole situate pe pante de peste 5%, ceea ce reprezintă, astfel, o suprafață de circa 6,4 milioane ha, respectiv 42,6% din suprafața agricolă a țării (Moțoc, 1984). Luând în calcul indicatorul intensității eroziunii specifice totale din țară, exprimat în t · ha⁻¹ · an⁻¹, se detașează net județele situate în zona de curbură a Carpaților, respectiv Buzău și Vrancea, cu valori de 41,5 și respectiv 34,0 t · ha⁻¹ · an⁻¹. Pentru o comparație și mai edificatoare, trebuie avut în vedere faptul că eroziunea specifică totală pe terenurile agricole din România variază între 3,2 și 41,5 t · ha⁻¹ · an⁻¹, media ponderată pe țară fiind de 16,28 t · ha⁻¹ · an⁻¹, iar eroziunea admisibilă este de maxim 6 t · ha⁻¹ · an⁻¹ (Moțoc, 1982).

În ce privește strict eroziunea în adâncime din țara noastră, din datele existente rezultă că există circa 5 600 bazine și bazinețe cu caracter torențial, răspândite pe o suprafață de circa 2 milioane ha. Pe întreg teritoriul agricol al țării a fost inventariată o rețea torențială care totalizează peste 22 500 km formațiuni ale eroziunii în adâncime active, răspândite după cum urmează: Depresiunea Transilvaniei – 5 800 km; zona dealurilor subcarpatice – 6 200 km; dealurile și depresiunile vestice – 2 200 km; Podișul Getic – 2 100 km; zona de curbură a Carpaților și Podișul Moldovenesc – 5 400 km.

Prin dezvoltarea acestor formațiuni de eroziune pe cele trei direcții – în lungime, adâncime și lățime – peste 250 000 ha au fost scoase practic din circuitul agricol productiv (Mihaiu, 2002), iar alte sute de mii ha din jurul acestora sunt prejudiciate prin reducerea stabilității versanților, umidității solurilor, prin înrăutățirea condițiilor de organizare corespunzătoare a teritoriului și exploatare agricolă, prin inundarea și împotmolirea luncilor fertile. Trebuie menționat că, până la sfârșitul anului 1989, în cadrul unor ample programe naționale de amenajare complexă antierozională, au fost



amenajați circa 1500–1600 km de ravene, ceea ce reprezintă sub 10% din potențialul total existent.

În zona de curbura a Carpaților – zonă puternic afectată de procese de eroziune și alunecări de teren, unul dintre bazinele hidrografice afectate de astfel de procese de degradare este reprezentat de Valea Slănicului, din județul Buzău, cu o suprafață de 54 440 ha și o lungime de 65 km. În județul Buzău a fost inventariată o rețea de eroziune în adâncime de aproximativ 1 000 km, care reprezintă circa 1 000 ha de teren (ISPIF, 1992).

Dezvoltarea rețelei hidrografice din această zonă este în general condiționată de câțiva factori de bază, determinanți fiind tectonica și structura geologică. Rețeaua hidrografică, formată din văi torențiale cu debite temporare, ravene și ogașe, are densitate mare, care se situează în limitele 1,5–4,6 km/km² și fragmentează intens relieful, îndeosebi în partea centrală și nordică a bazinului. Trebuie menționat că marea majoritate a subbazinelor hidrografice din zona de curbura a Buzăului prezintă formațiuni de eroziune în adâncime secundară, sub formă de ravene formate pe fundul văilor. Practic, nu există fund de vale dintr-un subbazin hidrografic din b.h. Slănic/Buzău care să nu fie ravenată.

În condițiile unui climat foarte agresiv din cadrul bazinului hidrografic Slănic/Buzău, caracterizat prin ploi torențiale relative rare, dar cu intensități mari, având unul sau mai multe nuclee torențiale, a unui substrat litologic relativ omogen, friabil, constituit în general din alternanțe de orizonturi permeabile, slab cimentate, cu orizonturi impermeabile argilo-marnoase dispuse monoclinal, a pantelor mari și a exploatării neraționale a terenurilor pe suprafețe întinse, procesele de degradare a terenului prin eroziune de suprafață și în adâncime sunt procesele dominante de modelare.

La alegerea amplasamentului cercetărilor de durată ale autorului se adaugă și faptul că Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din București are la Aldeni/Buzău o bază materială/staționar de cercetări pentru studiul scurgerilor și controlul eroziunii solului (foto 7.1), staționar ce dispune de o bancă de date deosebit de utilă, încă din anul 1965. În plus, măsurătorile de debite lichide și solide (în suspensie) zilnice de la stația hidrometrică Cernătești de pe râul Slănic/Buzău, realizate de Agenția Națională „Apele Române” – Direcția Apelor Buzău–Ialomița, precum și măsurătorile de scurgeri lichide și solide înregistrate de Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA) București într-o secțiune de control pe ravena de vale, situată la închiderea subbazinului Valea cu Drum/b.h. Slănic, pe durata precipitațiilor torențiale, constituie o bancă de date foarte valoroasă pentru atingerea obiectivelor cercetărilor în domeniu.

Procesele de versant și de albie din zona de curbura a Buzăului prezintă un mare interes din punct de vedere al studiului și valorificării terenurilor degradate și s-au bucurat din totdeauna de atenția specialiștilor din țara noastră, printre care M. Moțoc, Gh. Mihaiu, V. Ștefan, Al. Ene etc., însă s-a acordat o atenție mai redusă stabilirii unor modele matematice pentru estimarea și prognoza degradărilor, în special pentru prognoza evoluției formațiunilor eroziunii în adâncime.

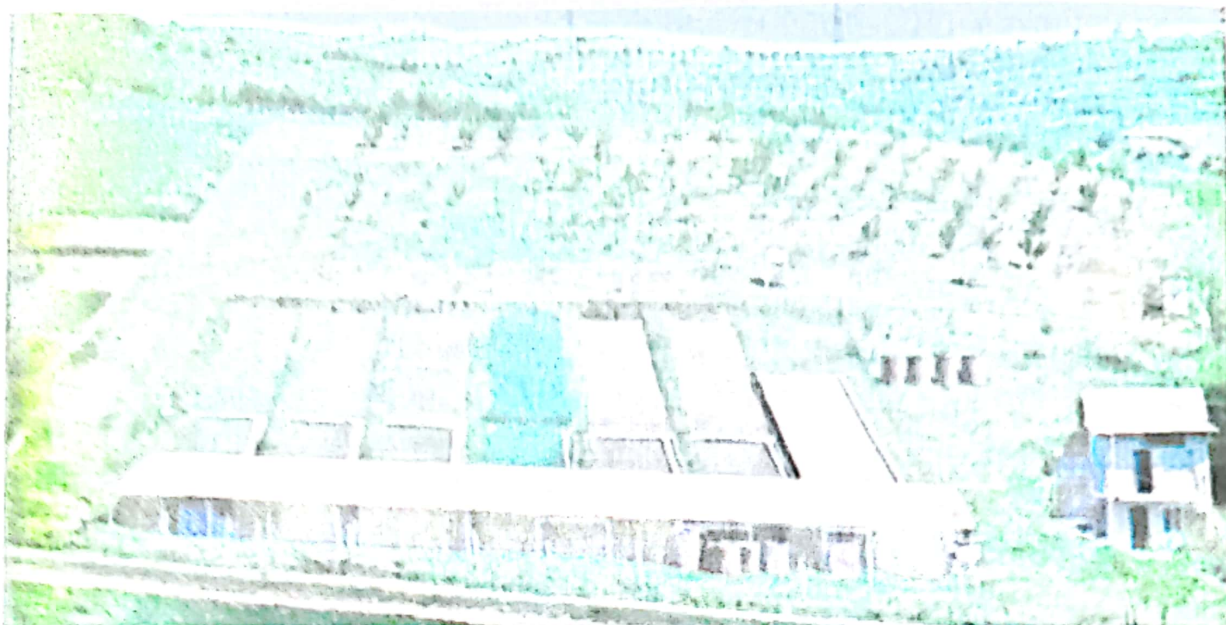


Foto. 7.1. Staționarul Aldeni – Buzău cu parcelele pentru studiul scurgerilor și combaterii eroziunii solului.

7.2.1. EFECTELE EROZIUNII ÎN ADÂNCIME ASUPRA MEDIULUI

Eroziunea în adâncime constituie o serioasă problemă în numeroase regiuni ale lumii, dezvoltarea continuă a formațiunilor erozionale producând pagube însemnate în primul rând agriculturii, dar și cu repercusiuni asupra altor ramuri sau obiective social-economice, altfel spus, atât în locul de producere (*on-site*) cât și în aval de acesta (*off-site*). Efectele eroziunii în adâncime asupra mediului se referă în principal la:

- *scoaterea din circuitul economic*, într-un ritm accelerat, a unor mari suprafețe de terenuri agricole. Suprafața de teren pierdută anual din cauza eroziunii prin ravenare în țara noastră este estimată în prezent la 2 300 ha (Moțoc, 2000);

- *favorizarea proceselor de alunecare* ca urmare a reducerii nivelului de bază, cum este cazul alunecărilor masive produse în primăvara anului 2006 în zona schelei petroliere Berca/Buzău, respectiv în anul 2008, la Gura Teghii, de pe Valea Buzăului;

- *poluarea mediului înconjurător*, în special a apelor emisarilor, prin faptul că, în cazul formațiunilor de eroziune în adâncime care tranzitează localități, acestea devin adevărate gropi de depozitare a deșeurilor menajere de către localnici, fiind ulterior spălate de viituri. Nocivitatea apelor care se scurg în emisar este mult sporită atât prin prezența îngrășămintelor și a pesticidelor care sunt transportate odată cu particulele de sol sau sunt dizolvate în apă, sau a altor produse (exemplu, petrolul de la schelele petroliere);

- *punerea în pericol* a căilor de comunicație, a rețelelor de conducte, a așezărilor omenești, a centralelor hidroenergetice și a altor obiective de interes socio-economic;

- *degradarea peisajului și a biodiversității terestre prin fragmentarea intensă a reliefului;*

- *colmatarea cursurilor de apă și a lacurilor de acumulare, cu efecte directe asupra capacității de reținere a acumulărilor și a creșterii frecvenței inundațiilor. Astfel, multe lacuri de acumulare naturale sau artificiale, proiectate inițial să funcționeze cel puțin 100 de ani, au ieșit din funcțiune prin colmatarea lor în numai câțiva ani sau zeci de ani. În România, ravenele și torenții participă cu 29% la eroziunea totală, ceea ce înseamnă 37 milioane tone material solid erodat anual (Moțoc, 1982).*

Toate cele menționate mai sus ilustrează destul de clar consecințele grave ale eroziunii în general, ale eroziunii în adâncime în special, asupra fertilității solului și în cele din urmă asupra nivelului de viață și poate chiar de supraviețuire a omului. Din aceste motive, considerăm că *prevenirea/diminuarea proceselor de degradare a solurilor prin eroziune și procese asociate, precum și refacerea potențialului lor productiv, reprezintă o necesitate și totodată o prioritate în domeniu.*

O prezentare schematizată a cauzelor și efectelor eroziunii solului asupra mediului este redată în figura 7.1, în cadrul analizei modelului conceptual *DPSIR* (Driving Forces-Pressures – State – Impacts – Responses / Factori de comandă – Presiuni – Stare – Impact – Răspuns).

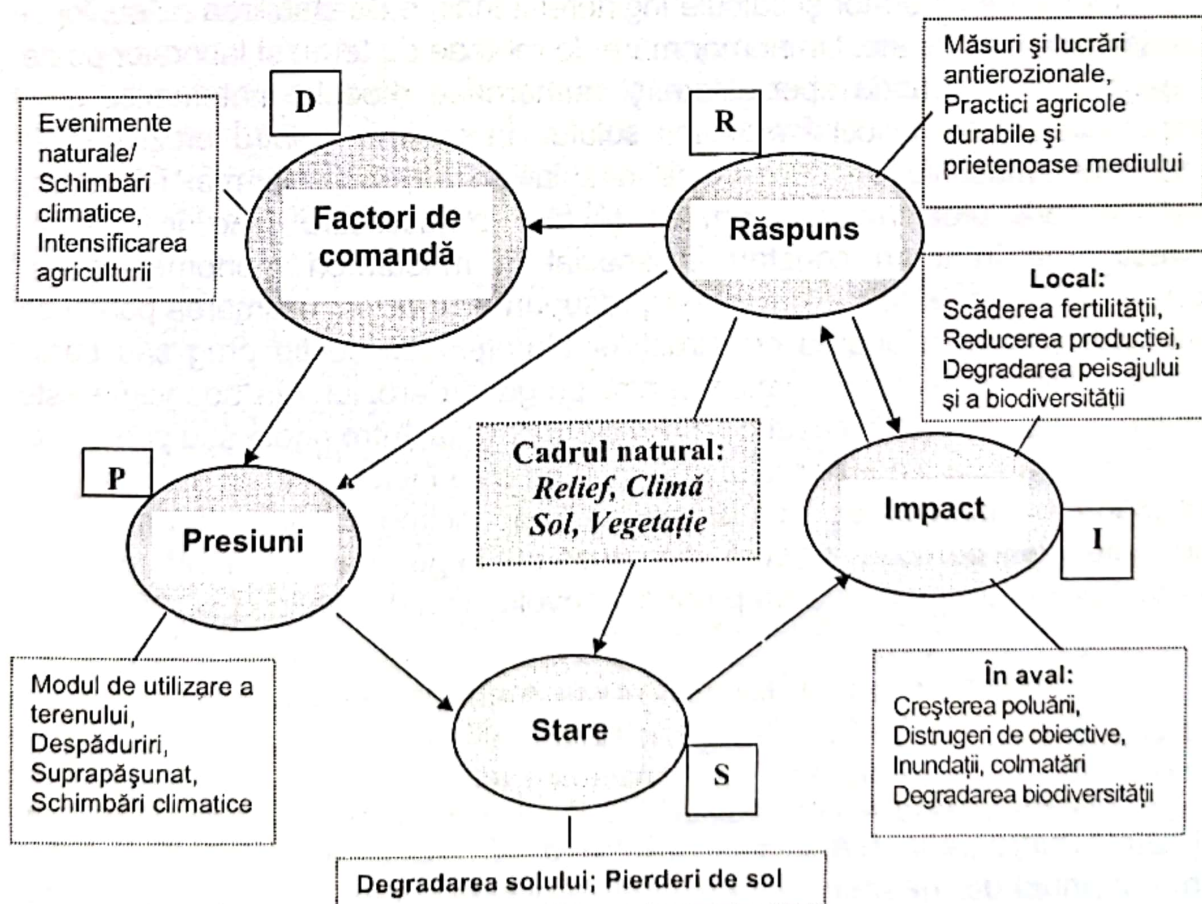


Fig. 7.1. Structura modelului conceptual DPSIR pentru eroziunea solului (adaptare după Anton *et al.*, 2003).

Modelul conceptual *DPSIR* este de fapt o analiză detaliată cauze-efecte ale unui anumit proces natural cu impact asupra mediului, pornind de la: factorii de comandă (activități), presiuni, schimbările produse în starea mediului, impact și răspunsuri, toate acestea grefate pe un cadru natural specific zonei analizate (Gobin *et al.*, 2004).

Recomandăm utilizarea largă a acestui model conceptual și în România pentru analiza problemelor erozionale și în general la efectuarea studiilor de impact de mediu.

7.3. PREOCUPĂRI ACTUALE ÎN MODELAREA MATEMATICĂ A EVOLUȚIEI FORMAȚIUNILOR EROZIUNII ÎN ADÂNCIME ȘI A EROZIUNII TOTALE

Spre deosebire de eroziunea de suprafață, abordarea problemei eroziunii în adâncime prezintă unele deosebiri semnificative, în primul rând, datorită caracterului tridimensional al procesului de adâncime, acesta fiind afectat de o multitudine de factori și procese, care de cele mai multe ori sunt greu de cuantificat. Astfel, pentru eroziunea de suprafață un program de conservare a solului cuprinde, în mare, investigații morfologice, pedologice și hidrologice în teren, analize de laborator a proprietăților fizico-chimice ale solului, experimente de laborator și calcule ingineresti înainte de stabilirea măsurilor și lucrărilor antierozionale. Un număr mare de metode de teren și laborator poate fi găsit în literatura de specialitate și numeroase modele matematice sunt disponibile pentru calculul eroziunii solului. În schimb, pentru eroziunea în adâncime, măsurile de conservare a solului sunt, de cele mai multe ori, stabilite fără prea multe informații și fără o justificare bine întemeiată. Investigațiile în teren constau în special în măsurători morfometrice ale formațiunilor, iar calculele ingineresti presupun în principal estimarea pantei de aterisare și dimensionarea construcțiilor hidrotehnice de tip prag sau baraj. Numărul de modele matematice pentru prognoza eroziunii în adâncime este mult mai redus decât în cazul eroziunii de suprafață, între rigole sau prin rigole. Motivația practică a acestor diferențe mari nu este încă pe deplin elucidată nici pe plan mondial. Cert este că eroziunea în adâncime a fost pentru mult timp neglijată într-o oarecare măsură, din cauză că, în general, este foarte dificil de studiat procesul complex și de prognozat evoluția sa (Valentin *et al.*, 2005).

7.3.1. MODEL MATEMATIC DETERMINIST PENTRU PROGNOZA EVOLUȚIEI ÎN LUNGIME A RAVENELOR

Mircea (2000) a studiat evoluția a 11 formațiuni torențiale situate în bazinul hidrografic Slănic/Buzău între două etape distincte și a stabilit ritmul anual de înaintare a vârfului acestora. Accentul major al cercetărilor a fost orientat către zona de vârf a formațiunilor, cunoscută ca fiind zona cea mai vulnerabilă din cadrul sistemului ravenă.

Pentru prognoza creșterii în lungime a fost folosit un model determinist, denumit MODPERL (*Model Determinist de Prognoză a Evoluției Ravenelor în Lungime*), de tipul:

$$R = [a + (b \cdot q_{10\%} + c \cdot h + d \cdot i_v)] \cdot C \cdot U \cdot C_s$$

în care: R este ritmul anual de înaintare a vârfului de ravenă, în $m \cdot an^{-1}$;

$q_{10\%}$ – debitul unitar la vârful ravenei, cu asigurarea de 10 %, în $m^3 \cdot s^{-1}$;

h – adâncimea pragului la vârf, în m;

i_v – panta albiei în amonte de vârf, în m/m;

C – coeficient de corecție în funcție de erodabilitatea solului;

U – coeficient de corecție în funcție de umiditatea sedimentelor în sectorul de avansare a vârfului

C_s – coeficient de corecție în funcție de lucrările de amenajare în bazin.

Pentru q , h și i_v a fost folosită metoda corelației multiple, iar pentru coeficienții C , U și C_s a fost folosită metoda indexării.

Structura modelului a fost propusă împreună cu academicianul Mircea Moțoc, pe baza următoarelor considerente (Mircea, 1999):

- au fost alese variabilele determinante pe baza observațiilor din teren, pentru un număr foarte mare de cazuri, precum și a informațiilor din literatura de specialitate;

- debitul unitar și panta albiei reprezintă componentele puterii curentului; asigurarea de 10% s-a considerat ca debit de formare a albiei, deoarece evoluția albiei ravenelor are loc la debite mult mai mari, spre deosebire de râuri unde se folosește asigurarea de 50%;

- înălțimea pragului s-a considerat că influențează evoluția marmitei de afuiere;

- panta albiei în amonte de prag influențează viteza de acces și lungimea de bătaie a lamei de apă;

- influența factorilor C , U și C_s a fost stabilită pe criterii subiective.

În urma calibrării și testării modelului a rezultat influența determinantă a debitului unitar și influența redusă a variabilelor h și i_v . Prezintă interes să fie reținut pentru cercetările viitoare tipul de model determinist precum și influența mare a debitului unitar.

7.3.2. MODEL DE EVALUARE A EROZIUNII TOTALE ȘI EFLUENTE ÎN BAZINE HIDROGRAFICE TORENȚIALE MICI

În ciuda insuficienței și/sau inexactității informațiilor pe plan mondial privind proveniența aluviunilor din cursurile de apă, totuși progrese considerabile au fost făcute de către specialiștii din domeniu în sensul conceptualizării și înțelegerii procesului erozional din bazinele hidrografice mici și faptul că erozivitatea precipitațiilor și erodabilitatea solurilor reprezintă factorii cheie ce guvernează mobilizarea sedimentelor din bazinele hidrografice (Morgan, 1995).

Pentru elaborarea unui model matematic de prognoză a eroziunii totale și efluente într-un bazin hidrografic torențial mic, care să fie universal valabil pentru orice zonă și condiții, este necesară cunoașterea și înțelegerea exactă și detaliată a tuturor factorilor care contribuie la producerea și transportul sedimentelor. Cum această problemă nu este nici pe departe rezolvată până la această dată, chiar și pe plan mondial, metodele statistice sunt larg folosite și în prezent pentru a determina legăturile între producția de sedimente și factorii cauzali, sub forma unor corelații multiple de tip aditiv sau multiplicativ.

Pornind de la această constatare, dar și de la necesitatea de a dezvolta noi modele de prognoză a producției de sedimente, care să ia în calcul și alți parametri decât cei utilizați frecvent în modelele deja cunoscute, eventual mult mai ușor de măsurat sau estimat, în cadrul colaborării cu regretatul academician M. Moțoc, S. Mircea (2006) a stabilit forma conceptuală a unui nou model determinist de evaluare a eroziunii totale și a eroziunii efluente din bazinele hidrografice torențiale mici, cu folosințe preponderent agricole, care să vină în sprijinul celor de mai sus. Pornind de la acest concept, după o perioadă mare de observații și analiză a factorilor determinanți ai eroziunii și transportului de sedimente, am stabilit structura de bază a modelului, cu următoarea formă:

$$E_{ef} = \left[(H_{24} \cdot I_{tc})^x \cdot i \cdot R \cdot C \cdot P \right] u$$

unde: E_{ef} este eroziunea efluentă ($t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$);

H_{24} – ploaia maximă în 24 ore cu asigurarea de 10% (mm);

I_{tc} – intensitatea ploii, corespunzătoare timpului de concentrare cu asigurarea de 10%;

i – panta medie a versanților (m/m);

R – ponderea albiei cu eroziune activă din totalul lungimii albiilor și talveguri (%);

C – ponderea suprafețelor ocupate de culturi prășitoare sau a terenului fără vegetație, din suprafața totală a versanților (%);

P – ponderea suprafețelor cu măsuri severe de protecție (pădure+terenuri înierbate + terenuri agricole terasate + alte măsuri hidroameliorative) din suprafața totală a versanților (%);

u – coeficient de efluență aluvionară;

x – coeficient pozitiv, supraunitar.

Structura modelului are ca bază de plecare formula universală a eroziunii solului, *USLE* (*Universal Soil Loss Equation* – Ecuația universală a pierderilor de sol, Wischmeier și Smith, 1978) și cuprinde 4 categorii de factori (variabilele independente), de altfel predominanți în procesul erozional, și anume:

a – factorul climatic, reprezentat prin produsul $H_{24} \cdot I_{tc}$;

b – factorul morfometric, caracterizat prin panta medie a versanților, i (m/m), și lungimea activă a albiilor ravenate, reprezentat ca pondere, prin factorul R (%);

c – factorul vegetație, reprezentat prin C (%), și

d – factorul lucrări antierozionale, reprezentat prin P (%).

Modelul se poate aplica pentru bazine hidrografice mici, cu folosințe predominant agricole, având suprafața sub 1 000 ha, unde se consideră uniformă distribuția și mărimea precipitațiilor. În situația bazinelor hidrografice mai mari de 1 000 ha, acestea se separă în subbazine mici și apoi se însumează eroziunea efluentă. În final se multiplică cu coeficientul de efluență pentru întreg bazinul hidrografic.

Se poate înlocui $(H_{24} \cdot I_{tc})^x$ cu debitul maxim cu probabilitatea de depășire de 10% calculat, la închiderea bazinului hidrografic mic, prin utilizarea formulei raționale, rezultând următoarea structură finală a modelului:

$$E_{ef} = f(Q_{max\ 10\%}, i, R, C, P)$$

Referitor la probabilitatea de depășire, $p\%$, a debitului lichid maxim la gura ravenelor, am considerat că această probabilitate corespunde debitului maxim format de o ploaie torențială critică cu probabilitatea de depășire de 10%, probabilitate care este frecvent utilizată pentru dimensionarea lucrărilor de amenajare antierozională. Am renunțat la coeficientul de efluență aluvionară, u , deoarece se poate lucra direct cu eroziunea efluentă ca variabilă dependentă.

7.3.3. MODEL DE PREDICȚIE A ÎNȚIERII EROZIUNII ÎN ADÂNCIME (INCIZIE) ȘI A INTENSITĂȚII DE EVOLUȚIE

M. Moțoc și S. Mircea (2005) au propus un model de predicție a inițierii eroziunii în adâncime (incizie) și a intensității de evoluție sub forma unui indicator pentru stabilirea sectoarelor probabile de incizie pe văi și talveguri, de forma:

$$E_{a\ in} = \left(\frac{S_{col.\ vers} \cdot i \cdot C_s}{L_{val}} \right) \cdot i_{tal} \cdot E_{erod}$$

unde: $S_{col.\ vers}$ este suprafața de colectare de pe versanți (ha);

i – panta medie a versantului (m/m);

C_s – coeficient de scurgere;

i_{tal} – panta longitudinală a sectorului corespunzător (m/m);

E_{erod} – clasa de erodabilitate a solului;

L_{val} – lățimea suprafeței active la viituri (m).

Ca mod de lucru, se aleg bazine hidrografice mici cu văi sau talveguri de colectare bine conturate și cu posibilități de delimitare cât mai precise a suprafețelor de colectare. Se stabilesc și se trec pe planul de situație punctele de incizie, cu precizie – în cazul formațiunilor discontinue, și ceva mai aproximativ – în cazul formațiunilor mai evolute. Corespunzător punctelor (sectoarelor) precizate se măsoară L_{val} , adică lățimea suprafeței active la viituri și i_{tal} , adică panta longitudinală a sectorului corespunzător. Se măsoară suprafața de colectare, $S_{col. vers}$, situată amonte de sectorul considerat și panta medie a versantului, i . Se stabilește clasa de erodabilitate (E_{erod}). Valoarea obținută a indicatorului se poate considera prag critic pentru condiția dată.

7.4. INDICATORI PRIVIND GRADUL DE AFECTARE A TERENULUI ȘI A REȚELEI HIDROGRAFICE PRIN EROZIUNEA ÎN ADÂNCIME

Problema stabilirii unor astfel de indicatori prezintă interes în legătură cu evaluarea riscului de producere a viiturilor torențiale din bazinele hidrografice torențiale pentru localități, acumulări, căi de comunicație etc. Dezvoltarea continuă a formațiunilor de eroziune în adâncime pe cele trei direcții – în lungime, lățime și adâncime – are efecte, imediate sau pe termen îndelungat, și în afara suprafețelor propriu-zise ocupate de formațiunile respective. Aceste efecte pot fi cuantificate printr-o serie de indicatori de stare și indicatori de risc privind vulnerabilitatea bazinelor hidrografice la ravenare (impactul ravenării asupra bazinelor hidrografice), după cum urmează (Moțoc, 1992):

7.4.1. INDICATORI DE STARE

a. – *Gradul de afectare a rețelei hidrografice*

– se determină cu relația $\frac{l}{L} \cdot 100$ (%)

unde: l este lungimea rețelei hidrografice cu scurgere efemeră sau intermitentă care prezintă eroziune activă a albiei sau a malurilor (km);

L – lungimea totală a rețelei hidrografice din aceeași categorie (km).

b. – *Gradul de fragmentare a suprafeței bazinelor hidrografice*

– se determină cu relația L'/S (km/km²);

unde: L' este lungimea ravenei principale și a ramificațiilor (km);

S – suprafața totală a terenurilor în pantă (km²).

7.4.2. INDICATORI DE RISC

a – Rata de fragmentare a suprafeței bazinelor hidrografice și de periclitare a unor obiective situate în amonte prin avansarea vârfului ravenei

– se determină cu relația $\frac{R_{ar}}{S_{rvf}}$ ($m \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$)

unde : R_{ar} este ritmul anual de avansare a vârfului ravenei ($m \cdot an^{-1}$);

S_{rvf} – suprafața de recepție a vârfului (ha).

Prin avansarea vârfului ravenelor sunt afectate folosințele, drumurile de interes local/județean/național, căile ferate, conductele, construcțiile civile și industriale etc.

b – Risc prin creșterea suprafeței ravenate

– se referă la rata anuală a pierderii de suprafață de teren, în $ha \cdot an^{-1}$;

c – Risc în aval prin inundarea și colmatarea suprafețelor de teren sau a obiectivelor social-economice amplasate în zona de influență

– se referă la pagubele anuale, evaluate monetar, provocate în aval de formațiunile de eroziune în adâncime asupra terenurilor și obiectivelor social-economice.

În funcție de valorile acestor indicatori de stare și de risc stabiliți pentru o serie de subbazine hidrografice torențiale dintr-o anumită zonă, se poate realiza o apreciere generală a impactului ravenării asupra acestora, în condiții de amenajare și neamenajare, folosind *metoda indexării*. Pentru aceasta, este necesară în prealabil o clasificare (grupare) locală a subbazinelor hidrografice studiate, în 3–5 grupe, în funcție de valorile maxime și minime ale indicatorilor de stare și de risc stabiliți (tabelul 7.1). După aceea se realizează matricea de evaluare cu toți indicatorii stabiliți și punctajul acordat pentru fiecare subbazin hidrografic studiat, prin ponderare. În final, se acordă nota generală de apreciere a impactului ravenării asupra bazinelor hidrografice mici, în conformitate cu metodologiile actuale de evaluare a impactului asupra mediului, EIA (*Environmental Impact Assessment*).

Tabelul 7.1

Clasificarea locală a bazinelor hidrografice mici, în funcție de indicatorii de stare și de risc

Indicatorul, pe grupe			Aprecierea impactului	Punctaj
Starea de afectare a rețelei hidrografice (%)	Starea de fragmentare a b.h. (km/km^2)	Rata de fragmentare și periclitare a b.h. ($m \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$)		
0 – 25	0 – 1	0 – 1	Redus	0 – 25
25 – 50	1 – 2	1 – 2	Moderat	25 – 50
50 – 75	2 – 3	2 – 3	Puternic	50 – 75
75 – 100	> 3	> 3	Foarte puternic	75 – 100

O astfel de analiză a fost efectuată pentru 11 bazine hidrografice torențiale mici, cu folosințe preponderent agricole, din b.h. Slănic/Buzău, rezultând în final un impact moderat spre puternic-foarte puternic al ravenarii asupra majorității bazinelor hidrografice studiate (Mircea, 1999).

Această evaluare va putea contribui în final la fundamentarea strategiei de amenajare antierozională a ravenelor, atât pentru amenajări noi cât și pentru reabilitarea amenajărilor deja existente.

7.5. UNELE CONCLUZII PRIVIND REABILITAREA LUCRĂRILOR ANTIEROZIONALE

Pe baza studiilor și a cercetărilor efectuate atât în țara cât și pe plan mondial se constată că, luând în considerare unele criterii strict economice, evaluate monetar, măsurile și lucrările antierozionale sunt de cele mai multe ori nerentabile pentru proprietarii de teren. Pentru țara noastră, aceștia sunt în cea mai mare parte proprietari individuali, fermieri care și-au redobândit terenurile în baza Legii nr. 18/2001, în majoritatea cazurilor sub formă de loturi orientate din deal în vale. Fermierii dispun în general de resurse materiale și financiare destul de limitate pentru a investi în agricultură; în plus, formațiunile eroziunii în adâncime (ravenele de vale, torenții), furnizoare de mari cantități de aluviuni în rețeaua hidrografică, sunt în general proprietate publică și beneficiază de asemenea de o atenție și resurse financiare foarte limitate.

Studii efectuate în SUA au demonstrat că, pe termen scurt, cheltuielile fermierilor pentru reducerea eroziunii solului la un nivel la care să nu mai scadă productivitatea naturală ar fi de trei ori mai mari decât avantajele obținute. Așadar, costurile marginale (*raportul dintre creșterea cheltuielilor și creșterea producției*) au valori destul de ridicate, ceea ce-i descurajează pe fermieri. Este de altfel cunoscut faptul că, dintre toate lucrările de îmbunătățiri funciare (irigații, desecări-drenaje, combaterea eroziunii solului), lucrările de combaterea eroziunii solului presupun investiții ce pot fi recuperate într-o perioadă îndelungată de timp, în general de peste 10 ani. Aceasta pentru că, în general, se ia în calcul numai sporul de producție obținut, fără a se ține însă cont în detaliu și de efectele pozitive pe care lucrările antierozionale le au asupra unor obiective socio-economice situate în aval, ape de suprafață etc., aceste efecte fiind de cele mai multe ori dificil de exprimat în termeni monetari, ci simplu, doar calitativ.

În situația actuală din România, asupra sectorului de combatere a eroziunii solului planează încă de mai multă vreme o întrebare firească, la care – evident – ar trebui să i se dea un răspuns. *Amenajările antierozionale trebuie să fie abandonate, menținute în situația actuală sau vor fi reabilitate?* După părerea noastră, despre abandonare – evident – nici nu poate fi vorba, deși acest aspect se manifestă tot mai vizibil în teren; menținerea amenajărilor în situația actuală, fără a fi întreținute și consolidate corespunzător, nu reprezintă o soluție bună (consolidarea este

în prezent o problemă total neglijată); rămâne, prin urmare, cea mai bună soluție, reabilitarea acestor amenajări. Cu referire directă la amenajarea ravenelor, trebuie menționat aici costul destul de ridicat și faptul că populația rurală și administrația locală nu pot să suporte astfel de amenajări. Bugetul statului este de asemenea redus și sunt alte priorități; de aceea, se vor realiza în viitor amenajări antierozionale numai în cazuri cu totul speciale, bine justificate. Aceste amenajări ar trebui să beneficieze și de un sistem de supraveghere bine organizat, integrat pe cât posibil în rețeaua națională de monitoring a factorilor de mediu.

În ce privește prioritățile privind lucrările de reabilitare, acestea se vor stabili în funcție de următoarele elemente:

- Importanța obiectivelor apărute;
- Eficiența hidrologică și antierozională;
- Costul estimat și eficiența economică.

În România există un număr mare de ravene amenajate, mai ales în bazinele hidrografice ale lacurilor de acumulare, însă modul de funcționare al acestor amenajări nu constituie în prezent o preocupare. Se impune, prin urmare, elaborarea urgentă a unei strategii privind reabilitarea amenajărilor antierozionale, dar și implementarea acesteia, cu precădere referitor la amenajarea ravenelor, prin realizarea unui studiu special așa cum s-a procedat pentru irigații.

BIBLIOGRAFIE

- Anton, J.J. et al., 2003, *Validation of Soil Erosion Risk Assessments in Italy*. European Soil Bureau Research Report No.12, EUR 20676 EN, Luxembourg, 25p.
- Băloiu, V., Ionescu, V., 1986, *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*, Editura Ceres, București.
- Billi, P., Dramis, F., 2003, *Geomorphological investigation on gully erosion in the Rift Valley and the northern highlands of Ethiopia*, Catena (50), Elsevier Science Publishers B.V.
- Brown, L., 1998, *Probleme globale ale omenirii*. Editura Tehnică, București, 312 p.
- Gardner, G. (Peterson J., Editor), 1996: *Shrinking fields: Cropland loss in a World of Eight Billion*, Worldwatch Paper 131, Washington.
- Gobin A. et. al., 2004, *Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water*, Environmental Science & Policy 7, pp 25–38, Elsevier.
- Li Y., Poesen J., Zhang J., 2000: *Gully Erosion: An urgent problem needing consideration in China*, International Symposium „Gully erosion under global change”, Leuven, Belgium.
- Mihaiu, Gh., 2002, *Contribuții la stabilirea strategiei de conservare a solurilor, restaurarea și reconstrucția ecologică a terenurilor degradate*, Lucrările Dezbaterii naționale „Folosirea rațională și conservarea solurilor românești”, Editura Academiei Române, București, pp. 187–196.
- Mircea, S., 1999, *Studiul evoluției formațiunilor eroziunii în adâncime în condiții de amenajare și neamenajare din zona Buzăului*. Teză de doctorat, Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară, București.
- Mircea, S., 2006, *Contribuții la cunoașterea evoluției formațiunilor eroziunii în adâncime în bazine hidrografice*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București.



- Morgan, R.P.C., 1995, *Soil Erosion & Conservation*, Second Edition, Longman Group, UK Ltd., 198 p.
- Moțoc, M., 1982, *Ritmul mediu de degradare erozională a solului în R.S. România*, Buletin informativ ASAS, nr.12, București.
- Moțoc, M., 1984, *Participarea proceselor de eroziune și a folosințelor terenului la diferențierea transportului de aluviuni în suspensie pe râurile din România*, Buletinul informativ ASAS, nr 13, București.
- Moțoc, M., Vătau, A., 1992, *Indicatori privind eroziunea solului*, Revista Mediul Înconjurător, vol III, nr.3, București.
- Moțoc, M., Mircea, S., 2005, *Unele probleme privind formarea viiturilor și eroziunea în bazine hidrografice mici*, Editura Cartea Universitară, București, 104 p.
- Sidorchuk, A., 2000, *Gully erosion investigation and prediction: experience from Russia*, International Symposium „Gully erosion under global change”, Leuven, Belgium.
- Valentin, C., Poesen, J., Zong Li., 2005, *Gully erosion – impacts, factors and control*. Catena 63, pp.132–153, Elsevier Science Publishers B.V.
- *** 1992, *Sinteza la Studiul de fezabilitate privind inventarierea terenurilor degradate și formarea de perimetre de ameliorare în zone de versant ale județului Buzău*, Raport anual, ISPIF-S.A., București.

GULLY EROSION ON SMALL AGRICULTURAL TORRENTIAL WATERSHEDS AND ITS IMPACT ON ENVIRONMENT

ABSTRACT

This paper presents some aspects concerning gully erosion process developed on small torrential and agricultural watersheds and its impact on environment in Romania, with a case study located in one of the most affected areas by water erosion and landslides, namely the Sub-Carpathian Curvature. The case study was carried out on 11 gullies located in the Slanic River Basin, which is a tributary of the Buzau River.

After a short introduction on soil erosion process and its impact on environment, in general, and gully erosion, in particular, both in the world and in Romania, especially in the case study location, the paper presents some aspects regarding the application of DPSIR conceptual model (Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Responses) adapted for soil erosion, as well as the current tendencies regarding the development of some soil erosion prediction models in Romania. There are presented two deterministic prediction models recently developed by the author regarding the rate of gully headcut advance, and also, for the evaluation of total soil loss in the agricultural torrential watersheds.

Key words: gully erosion, torrential watersheds, impact on environment, prediction models, sediments.

8. MODELAREA ȘI SIMULAREA PROCESELOR HIDROLOGICE ȘI EROZIONALE ÎN BAZINE HIDROGRAFICE ÎMPĂDURITE LA ÎNCEPUTUL SECOLULUI XXI

VICTOR DAN PĂCURAR*

8.1. CONSIDERAȚII GENERALE ȘI PRECIZĂRI CONCEPTUALE

Modelarea prezintă importanță deosebită în studiul mediului înconjurător, constituind o permanentă preocupare a *cercetării științifice* în acest domeniu și un instrument indispensabil atât în practica *gestionării resurselor de apă și protejării solurilor* cât și în contextul mai larg al gospodăririi integrate a resurselor naturale.

Modelele facilitează studiul unor probleme de mare complexitate și oferă posibilitatea sintetizării într-un cadru unitar a unor informații foarte diverse. Modelele constituie reprezentări simplificate ale unor sisteme complexe. Din literatura de specialitate românească putem cita definiția următoare: „*Modelele constituie reprezentări condensate, cât mai fidele cu putință, ale sistemelor reale, stabilite cu scopul de a se analiza legile și relațiile fundamentale care guvernează procesele caracteristice sistemului analizat, de a verifica și valida rezultatele*” (Ionescu et al., 1975).

În general, se utilizează trei categorii de modele: *fizice* (bazine model create în laborator, cum ar fi de pildă W.E.S. – *Watershed Experimental System*, descris de Ven Te Chow), *analogice* (de exemplu, circuitele electrice utilizate pentru simularea mișcării apei în sol) și *matematice*.

Modelele fizice au cunoscut o largă răspândire în anii '70, în diferite universități și institute de cercetare investindu-se fonduri importante pentru construcția unor laboratoare gigantice, pentru realizarea bazinelor-model, a instalațiilor de aspersare etc. Modelele analogice au fost mai puțin utilizate (de altfel, cele propuse se refereau doar la unele subprocesse hidrologice).

În ultimele decenii, asistăm la o dezvoltare fără precedent – apreciată de unii autori ca explozivă – a *modelării matematice* în hidrologie și în studiul eroziunii solului (stimulată pe de o parte de progresele înregistrate în înțelegerea proceselor specifice, iar pe de altă parte de evoluția tehnicii de calcul). Această evoluție este evidențiată de numărul foarte mare al modelelor apărute precum și de calitatea multora dintre ele.

* Doctor inginer, conferențiar universitar la Universitatea „Transilvania” din Brașov.

Simularea se referă la procesele care se desfășoară în cadrul sistemelor analizate, la comportamentul sistemului, prin aceasta stabilindu-se răspunsul modelului (sistemului) la diferite intrări (datorate interacțiunii cu alte sisteme).

În cadrul unui sistem hidrologic se desfășoară o serie de procese de natură fizică, chimică și biologică ce pot fi caracterizate printr-un set de variabile și parametri. Modelele hidrologice redau comportarea sistemului printr-un set de enunțuri și ecuații, care exprimă relațiile dintre parametri și variabilele considerate.

În cazul unui model hidrologic, parametrii reprezintă acele caracteristici cantitative specifice bazinului hidrografic, care nu se schimbă în timp de la un eveniment hidrologic la altul (de exemplu, suprafața, pantele și direcțiile de scurgere etc.). Variabilele reprezintă acele elemente care se modifică în timp (cuanțul ploii, intensitatea acesteia, umiditatea solului etc.). Evident că există unele caracteristici care pot fi considerate fie parametri fie variabile, în raport de opțiunea autorilor modelului. Un exemplu în acest sens îl poate oferi coeficientul de scurgere, care poate fi considerat invariabil, având o valoare constantă specifică bazinului sau poate fi tratat ca o variabilă, care se modifică atât de la o ploaie la alta cât și pe durata ploii (datorită schimbării umidității solului, formării crustei etc.).

Modelele se caracterizează prin diferite grade de complexitate, cuprinzând un număr diferit de parametri, variabile, relații și restricții. La limită, cel mai simplu model se reduce la o singură relație de calcul. Un bun exemplu, care evidențiază diferențele dintre parametri și variabile, este formula rațională utilizată pentru calculul debitului maxim care are forma:

$$Q_{max} = 0,167 \cdot S \cdot i \cdot k \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)},$$

în care: S este suprafața bazinului (ha), care e un parametru specific acestuia;

i – intensitatea medie a ploii ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$), care este o variabilă;

k – coeficientul de scurgere, care poate fi considerat parametru (evaluat în raport de panta și folosințele din bazin) sau variabilă (dacă se calculează în raport de caracteristicile ploii).

Modelele matematice sunt deosebit de utile în cercetarea științifică și în procesul de luare a deciziilor. Gradul de simplificare al reprezentării sistemelor reale, respectiv complexitatea modelului depind de obiectivele avute în vedere, care diferă în raport de potențialii utilizatori. Astfel, managerii și politicienii au nevoie de modele cât mai simple în timp ce cercetătorii utilizează modele complexe care descriu modul în care sistemul funcționează și au în vedere incertitudinile pe care modelarea le presupune.

În ceea ce privește noțiunile de *modelare* și *simulare*, considerăm că acestea au sensuri diferite. Astfel, modelarea desemnează acțiunea de realizare a modelului, a unei reprezentări simplificate a sistemului real, în timp ce simularea constituie etapa următoare, în care pe baza modelului se

stabilește răspunsul sistemului în anumite situații reale sau ipotetice. Diferența dintre modelare (realizarea modelului) și simulare apare evidentă în cazul modelelor fizice, însă noi credem că această diferențiere rămâne valabilă și în cazul modelelor matematice. Cu toate că în literatura de specialitate, nu am găsit o analiză comparativă a celor două noțiuni, nici opinii direct exprimate care să susțină că ar fi sinonime, mulți autori le utilizează ca atare. Uneori simulării i se dă un sens restrâns, desemnând analiza comportării sistemului modelat în situații ipotetice, a transformărilor induse prin aplicarea unor posibile „scenarii” (schimbări climatice, modificări în modul de gospodărire etc.).

Deși după cum am arătat, considerăm modelarea și simularea ca noțiuni distincte cu un sens bine precizat, apreciem că din anumite puncte de vedere acestea sunt foarte apropiate. În general, modelele sunt elaborate cu scopul analizei desfășurării unor procese (hidrologice și erozionale în cazul de față) și prin urmare sunt avute în vedere în special acele caracteristici care intervin direct în acestea, iar relațiile cuprinse în model se referă mai ales la transformările pe care le suferă variabilele specifice în cursul proceselor și mai puțin la structura generală a sistemului. Cu alte cuvinte, realizarea modelelor nu constituie de cele mai multe ori un scop în sine ci aceasta se face tocmai pentru a putea simula diferitele procese de interes științific sau practic. Un alt argument teoretic ar fi acela că sistemele, mai ales cele deschise, sunt într-o necontenită transformare, trec de la o stare la alta tocmai pe seama desfășurării unor procese specifice. Prin urmare reprezentarea unui sistem, modelul complet al acestuia, trebuie să includă și acele relații care redau dinamica acestuia, care simulează procesele ce se desfășoară în cadrul acestuia.

Datorită ierarhizării sistemelor reale, fiecare sistem este format din mai multe subsisteme. Modelul unui sistem hidrologic se compune din mai multe sub-modele, care reprezintă diferitele subsisteme subordonate. Între acestea un loc central revine modelului bazinului hidrografic, a cărui reprezentare pune o serie de probleme specifice datorită variabilității condițiilor fizico-geografice, care se manifestă adeseori pe arii restrânse (rezultând un aspect mozaicat).

În ceea ce privește modelul bazinului hidrografic, evident că variația neuniformă a caracteristicilor reliefului, microclimatului, solului și învelișului vegetal face ca utilizarea unor funcții definite analitic să nu fie satisfăcătoare (deși acestea au fost folosite în trecut, în cadrul unor modele simplificate), impunându-se folosirea unor funcții definite sintetic (prin tabele de valori). În prezent, reprezentarea bazinelor hidrografice prin intermediul unor funcții $f(x,y)$ definite sintetic, caz în care tabelul de valori ia formă matricială, este posibilă și mult ușurată de dezvoltarea sistemelor de informații geografice de tip raster. Prin urmare, în ultimii 10 ani am promovat ideea elaborării unor modele digitale complexe ale bazinelor hidrografice, care pot fi utilizate pentru analiza scurgerii și eroziunii, în



diferite moduri: direct, prin elaborarea unor metode de simulare specifice (Păcurar, 1998, 2001, 2006), sau în asociere cu modele clasice, de tip distribuit, după cum se va arăta în partea a doua a acestei lucrări.

Evidențierea clară a modelelor parțiale, care reprezintă subsistemele, permite și o mai bună clasificare a modelelor matematice. Încadrările prezentate anterior au fost făcute, în conformitate cu afirmațiile autorilor modelelor, în raport de unele componente ale acestora. Așa cum arătam, modelele distribuite cuprind și componente tratate global, modelele conceptuale conțin și relații empirice, modelele stochastice includ și variabile tratate determinist, rezultând că nu există modele „pure”. De aceea este recomandabilă evidențierea sub-modelelor componente și caracterizarea fiecăruia în parte, care poate fi utilă în orientarea posibilităților utilizatori.

Un aspect interesant legat de terminologia specifică este acela că adesea în domeniul hidrologiei termenul de model este considerat echivalent cu metodă pentru determinarea datelor de ieșire. Desigur că aceasta nu înseamnă că noțiunea de model se confundă cu cea de metodă, deoarece modelarea și simularea constituie metode de cercetare a scurgerii și eroziunii.

Unele dintre metodele utilizate în țara noastră pentru estimarea caracteristicilor cantitative ale scurgerii pluviale, a debitului maxim pot fi considerate modele și denumite ca atare. În acest sens un bun exemplu îl constituie metoda paralelogramelor de scurgere (Clinciu, 2001). Deoarece pentru aplicarea acestei metode au fost elaborate de-a lungul timpului o serie de programe de calcul (o variantă, care cuprinde și un program interactiv pentru introducerea datelor de intrare caracteristice unităților de studiu și cartarea hidrologică a acestora, fiind propusă de noi în urmă cu mai mulți ani, în 1992), aceasta îndeplinește și condiția (neafirmată explicit în literatura de specialitate, dar tacit acceptată și impusă de volumele mari de date manipulate) de a avea un set de programe, un produs software, asociat modelului.

În legătură cu diferențierea modelelor matematice propusă în literatura de specialitate în cele trei categorii: de tipul „cutiei negre” (*black-box*), „cutiei gri” (*grey-box*) și „cutiei albe” (*white-box*), considerăm că cele din prima categorie sunt nerecomandabile, mai ales în cercetare.

Indiferent de modelul utilizat, calibrarea modelului trebuie făcută de utilizatori care să înțeleagă, cel puțin în linii generale, funcționarea modelului (pentru că în lipsa „modelelor ideale”, toate cele existente reclamă astfel de cunoștințe pentru obținerea unor bune rezultate). Prin urmare, cele mai recomandabile ni se par modelele de tipul „cutiei transparente” („cutiei albe”).

Mai mult decât atât, având în vedere progresele din ultimii ani în informatică (inclusiv în privința interfeței cu utilizatorul), dezvoltării sistemelor de informații geografice etc., propunem luarea în considerare a unui noi clase de modele, pe care am denumit-o de tipul „cutiei deschise” (*open-box*). Acestea se deosebesc de celelalte modelele nu doar prin aceea că permit utilizatorului experimentat să vizualizeze și să urmărească

variabilele interne, dar și să modifice o parte din relațiile utilizate (în mare parte empirice), înlocuindu-le cu cele în care are cea mai mare încredere. Promovarea modelelor de tipul „cutiei deschise” constituie în opinia noastră un pas important în trecerea de modelele clasice la sistemele expert.

8.2. CLASIFICAREA MODELELOR FOLOSITE ÎN STUDIUL SCURGERII ȘI EROZIUNII

Există o mare diversitate de modele hidrologice, dar între multe dintre acestea se pot evidenția o serie de asemănări structurale derivând din setul de ipoteze simplificatoare comune (Singh, 1995), care fac posibilă clasificarea lor în raport cu anumite criterii.

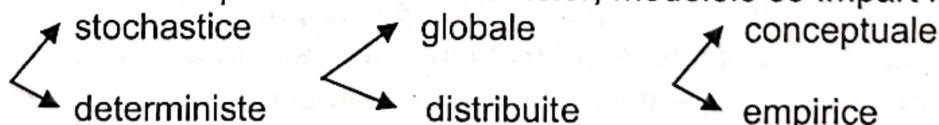
Data fiind marea varietate a modelelor utilizate în cercetarea scurgerii și eroziunii, în literatura de specialitate se găsesc numeroase încercări de sistematizare și clasificare a acestora, care au o serie de elemente comune, dar adesea prezintă și diferențe notabile.

Pe baza informațiilor sintetizate în urma consultării unui mare număr de modele și analizei critice a câtorva dintre sistemele de clasificare existente (De Coursey, 1985, 1991; Foster, 1987; De Roo, 1993; Singh, 1995, Morgan, 1997) propunem schema de grupare a modelelor, prezentată mai jos.

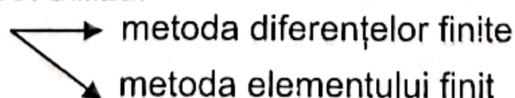
- După natura lor, modelele pot fi:
 - fizice
 - analogice
 - matematice

La rândul lor, modelele matematice, care ne interesează cu precădere, se pot clasifica în raport de mai multe criterii.

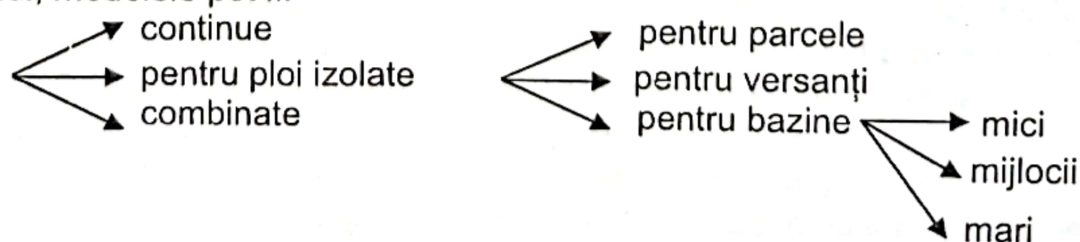
- După modul de reprezentare a sistemelor, modelele se împart în:



- După metodele de soluționare a sistemelor de ecuații pe care le conțin, modelele pot utiliza:



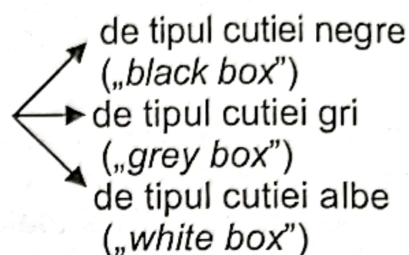
- După scara lor, considerată fie din punct de vedere al timpului fie al spațiului, modelele pot fi:



• După datele de ieșire, furnizate prin simularea realizată pe baza modelelor, acestea pot viza:



• După interfața cu utilizatorul, modelele sunt:



Dintre *modelele fizice* un bun exemplu îl reprezintă *WES (Watershed Experimentation System)* prezentat de Ven Te Chow (Dinu, 1974), care îl apreciază ca „un instrument de cercetare fără egal în problemele de hidraulică și de hidrologie care se pun inginerului”. Acesta permite generarea unor ploi torențiale la care pe lângă durată și intensitate să se simuleze și extinderea și deplasarea acestora deasupra unui bazin model. Pe suprafața receptoare, având forma unui pătrat cu latura de 12,19 metri (40 de picioare) se pot realiza bazine model având caracteristici hidraulice și hidrologice diferite (dimensiuni, formă, pantă, rugozitate, structură hidrografică, capacitate de retenție). Suprafața de recepție este divizată într-o sută de pătrate, fiecare corespunzându-i un distribuitor cu vane reglat electronic ceea ce permite simularea variației ploii atât în timp cât și în spațiu. Scurgerea este captată într-o cuvă specială în care măsurarea nivelului se face automat în regim permanent. Atât intrările cât și ieșirile din sistem sunt controlate respectiv înregistrate printr-un sistem computerizat. Reglarea debitului dozelor distribuitoare se face în concordanță cu hietograma și hidrograma spațială a ploii simulate introduse în calculator.

Utilitatea acestui sistem experimental este deosebită, căci „dacă natura nu reproduce aceleași ploi și viituri pentru ca omul să le poată studia în voie, *W.E.S.* permite reglarea și reproducerea fenomenelor ploii și scurgerii experimentale, oricât de des este necesar pentru a satisface exigențele cercetătorului”.

Un alt exemplu de model fizic utilizat pentru simularea scurgerii este cel de la Universitatea din Colorado (*CSU-ORREF: Outdoor Experimental Rainfall-Runoff Facility*), care a fost utilizată pentru testarea modelului *KINGEN*, care a stat la baza dezvoltării modelului *KINEROS* (Woolhiser et al., 1990). Această instalație cuprinde un „bazin” format din două panouri dreptunghiulare (de 35 m lungime și 21,3 m lățime) și un canal triunghiular, iar ploile simulate pot avea intensitatea de 12.5, 25, 50 sau 100 mm·h⁻¹.



Modelele analogice utilizează sisteme mecanice sau electrice analoage cu sistemele cercetate (de exemplu: curenți electrici ce simulează circulația apei), dar acestea au avut o răspândire extrem de redusă în studiul scurgerii și eroziunii, fiind utilizate în trecut pentru studiul unor subprocesse.

Modelele matematice pot fi, în raport de modul de reprezentare a sistemelor cercetate (după tipul parametrilor, variabilelor și relațiilor dintre acestea): stochastice sau deterministe, globale sau distribuite, respectiv conceptuale sau empirice.

Modelele stochastice sunt cele ale căror variabile sunt în totalitate aleatoare, având asociate anumite distribuții probabilistice, în contrast cu cele *deterministe* la care variabilele sunt considerate unic determinate, neafectate de variații întâmplătoare. O mare parte a modelelor hidrologice se încadrează în categoria celor deterministe, altele au un caracter mixt, considerând o parte din variabile ca fiind întâmplătoare, în timp ce modele complet stochastice nu au fost dezvoltate.

Modelele globale sau nedistribuite constau în seturi de ecuații diferențiale sau relații empirice stabilite între variabile globale ce definesc starea sistemului hidrologic în ansamblul său, neținând deci seama de variabilitatea spațială a proceselor, a intrărilor (caracteristicile ploilor, de exemplu) și a condițiilor hidrologice din bazin. Modelele de acest tip sunt foarte numeroase și mult utilizate datorită faptului că reclamă un volum de date relativ mic. Dintre modelele de acest tip, concepute pentru prognoza scurgerii, se pot aminti ca exemple unele foarte simple ca formula rațională sau metoda numărului de curbă sau altele mai complexe precum: *HEC-1* (*Hydrologic Engineering Center – Flood Hydrograph Package*), *RORB* (*Hydrograph Synthesis by Runoff Routing*) sau modelul rezervorului (*Tank Model – Sugawara*). Dintre modele erozionale de tip global, menționăm: ecuația universală a eroziunii, *USLE* – elaborată de Wischmeier și Smith (Wischmeier, 1978) și varianta revizuită a acesteia (*RUSLE* – Renard, 1997), modelul de estimare a eroziunii pentru Africa de Sud (*SLEMSA*), metoda Morgan-Finney (Morgan *et al.*, 1984) ș.a. Dintre modelele globale care vizează atât scurgerea cât și eroziunea menționăm: *HSPF* (*Hydrological Simulation Program Fortran*) elaborat în cadrul agenției de protecția mediului din Statele Unite (US-EPA), *CREAMS* (*Chemical Runoff and Erosion Management System*), *ARM* (*Agricultural Runoff Management*) ș.a.

Modelele distribuite sunt elaborate avându-se în vedere în mod explicit variabilitatea spațială a tuturor componentelor modelului (date de intrare și ieșire, condiții inițiale și condiții limită etc.). Din considerente de ordin practic, în primul rând datorită insuficienței datelor, modele complet distribuite sunt puține. Cele mai multe modele, așa zis distribuite, conțin și

componente a căror variabilitate spațială este neglijată. Reprezentarea spațială a sistemelor hidrologice se face fie prin descompunerea bazinului în celule sau suprafețe elementare (metoda *grilei* sau *caroiajului*), fie prin separarea unor unități hidrologice funcționale (versanți, alpii, zone de acumulare) și descrierea simplificată a bazinului în forma unei succesiuni de plane, canale etc., caz în care modelele se numesc de către unii autori ca fiind *semi-distribuite*. Desigur că, în primul caz, fidelitatea reprezentării spațiale depinde de suprafața celulelor a cărei mărime este impusă de posibilitățile de gestionare și prelucrare a datelor. La ora actuală, utilizarea unor astfel de modele este mult ușurată de dezvoltarea sistemelor de informații geografice (G.I.S.) care deschide și hidrologiei posibilități până nu de mult nebănuite. Exemple de modele distribuite sunt: *SHE* (*Système Hydrologique Européen*), *IHDM* (*Institute of Hydrology Distributed Model*), *ANSWERS* (*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*- Beasley, Huggins, 1991) ș.a. Modelele semi-distribuite sunt cele mai numeroase, iar din această categorie s-ar putea aminti modelele: *KINEROS* (*A Kinematic Runoff and Erosion Model* – Woolhiser et al., 1990), *WEPP* (*Water Erosion Prediction Project*) ș.a.

Modelele mai pot fi separate în *conceptuale* (la care legăturile dintre variabilele de intrare și cele de ieșire au la bază legile fizice) respectiv *empirice*, fără o bază teoretică ci deduse exclusiv pe baza observațiilor și experimentelor efectuate. Modelele conceptuale sunt în general de tip distribuit, fiind denumite în literatura de specialitate „*modele cu bază fizică*” („*physically based*” models), dar există și modele conceptuale de tip global, precum *CREAMS* sau *EPIC* (*Erosion Productivity Impact Calculator* – Williams et al., 1989). Ca modele empirice putem da exemplul unuia distribuit *FESHM* (*Finite Element Simulation Hydrological Model*) și al unuia nedistribuit *ARM* (*Agricultural Runoff Management*). Dintre modelele „cu bază fizică”, printre cele mai reprezentative se pot menționa din nou *SHE* și *IHDM* precum și altele precum *TOPMODEL* (*Topographically and Physically Based, Variable Contributing Area Model* – Beven, Kirkby, 1979) sau *SWAM* (*Small Watershed Model*) etc.

În raport de metodele folosite pentru *soluționarea sistemelor de ecuații* care compun modelul, se disting modele bazate pe *metoda diferențelor finite* (*SHE*, *IHDM* ș.a.) respectiv pe *procedeul elementului finit* (*WEPP*, *SWAM* ș.a.).

Clasificarea modelelor hidrologice și erozionale se poate face după perioada la care se referă (un an, o zi, o ploaie) și după aria considerată (un bazin, un versant, o parcelă). Prin urmare, *scara* modelelor poate fi privită în sens temporal și spațial, desprinzându-se două criterii de clasificare corespunzătoare. În raport de intervalul de *timp* considerat, modelele se pot împărți în *continue* (cum ar fi, dintre cele mai sus amintite,

ARM), modele pentru *ploi izolate* (IHDM, KINEROS) sau *combinate* (de pildă WEPP). În funcție de al doilea criteriu, spațial, se disting modele concepute pentru nivelul *parcelelor, versanților, bazinelor* (mici, mijlocii sau mari) la care se adaugă unele modele destinate simulării hidrologice la *scară regională*.

În ceea ce privește procesele avute în vedere și implicit rezultatele furnizate, există modele care se referă exclusiv la scurgere (SHE, IHDM, TOPMODEL), multe altele ce furnizează și date privind eroziunea solului și transportul solid (WEPP, KINEROS), precum și unele ce prognozează în plus o serie de alți parametri referitori la calitatea apelor (nutrienți, poluanți etc.) dintre care amintim modelele HSPF, CREAMS și SWAM.

În raport de interfața cu utilizatorul, modelele pot fi de tipul „cutiei negre” („black box”) atunci când sunt cunoscute doar datele de intrare și cele de ieșire sau de tipul „cutiei gri” („grey box”) respectiv „cutiei albe” („white box”), în funcție de măsura în care utilizatorul „vizualizează” structura internă a modelelor și este informat în legătură cu modificările pe care le suferă variabilele de la o etapă la alta (ceea ce prezintă interes în calibrarea modelului). Desigur că, în general, modelele de tipul „cutiei negre” sunt empirice (fiind bazate pe analiza datelor referitoare la intrările și ieșirile din sistemul real), iar cele de tipul „cutiei albe” sunt conceptuale. Există însă și variante de tipul „cutiei negre” ale unor modele conceptuale, destinate asistării procesului decizional (în care adesea sunt implicate persoane cu alte specializări, care nu au nici timpul și nici cunoștințele necesare pentru a înțelege structura modelului).

Modelul WEPP (*Water Erosion Prediction Project* – desemnând un proiect amplu, care vizează prevederea eroziunii produse de apă) a fost elaborat prin colaborarea mai multor servicii din cadrul Departamentului Agriculturii din Statele Unite (Foster, Lane, 1987). Acesta cuprinde o parte mai bine dezvoltată, care se referă la eroziunea la nivel de parcelă și versant (HILLSLOPE) și o parte concepută pentru modelarea unor bazine (WATERSHED) simple de mici dimensiuni, reprezentate printr-o serie de parcele (OFE) și tronsoane de canal (albii).

Modelul WEPP stabilește quantumul eroziunii de pe o parcelă și al sedimentării ce are loc la baza versantului. Pe terenurile dintre rigole, detașarea particulelor se produce în urma impactului picăturilor de ploaie iar transportul se datorează scurgerii difuze, iar cantitatea de material erodat este limitată fie de capacitatea de detașare fie de cea de transport. În rigole se consideră a se produce atât eroziunea cât și sedimentarea, în funcție de raportul dintre capacitatea de transport și gradul de încărcare.

Modelul are o structură deosebit de complexă, cuprinzând o serie de componente, de submodele, cele mai importante dintre acestea fiind:

- modelul climatic, care generează (pe baza unui lanț Markov) serii de valori pentru temperaturile medii, maxime și minime zilnice, radiația solară, viteza vântului etc.;

- componenta referitoare la topirea zăpezilor;
- submodelul referitor la sistemele de irigații;
- modelul infiltrației apei în sol, bazat pe ecuația Green-Ampt;
- modelul propagării scurgerii pe versanți, asemănător cu cel utilizat în CREAMS;
- componenta de calcul a bilanțului hidrologic, preluată de la modelul SWRRB;
- modelul referitor la creșterea plantelor agricole, similar cu cel utilizat în modelul EPIC etc.

Cu toate că printre instituțiile implicate în proiectul WEPP, se găsește și Serviciul Forestier, adaptarea modelului în vederea aplicării în zone împădurite este încă departe de a se fi realizat. Pentru aceasta este necesară continuarea cercetărilor, care se desfășoară în prezent în mai multe țări de pe întreg globul, din America de Nord până în Australia, inclusiv în țara noastră (unde am început cercetările vizând adaptarea modelului în vederea aplicării în regiunile împădurite).

8.3. UN EXEMPLU RECENT DE ADAPTARE ȘI APLICARE A MODELULUI ANSWERS ÎNTR-UN BAZIN HIDROGRAFIC MONTAN DIN ROMÂNIA

8.3.1. PREZENTAREA MODELULUI

Modelul ANSWERS, al cărui nume provine de la inițialele denumirii acestuia, în limba engleză: *Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation* –desemnând un model pentru Simularea răspunsului sistemelor hidrologice la intrări (precipitații, poluanți etc.) distribuite spațial – a fost elaborat în Statele Unite la Universitatea Purdue, statul Indiana, de către un colectiv condus de David B. Beasley și Larry F.Huggins. Acest model este de tip distribuit, după cum arată și denumirea sa, fiind conceput pentru simularea comportării unui bazin hidrografic la ploi izolate.

Modelul ANSWERS cuprinde trei părți importante și anume: modelul hidrologic, modelul procesului erozional (detașarea și transportul particulelor) și un ansamblu de componente referitoare la mișcarea apei la suprafață, în subteran și în rețeaua hidrografică a bazinului.

ANSWERS are o structură de model distribuit, pentru care s-a optat dată fiind marea variabilitate spațială a scurgerii și eroziunii în cuprinsul unui bazin hidrografic. Bazinul este divizat într-o serie de elemente de mici dimensiuni și formă pătratică (așa cum se poate observa în figura următoare), putând fi prin urmare reprezentat în forma unei matrici neregulate, cu un număr variabil de elemente pe fiecare linie în parte.

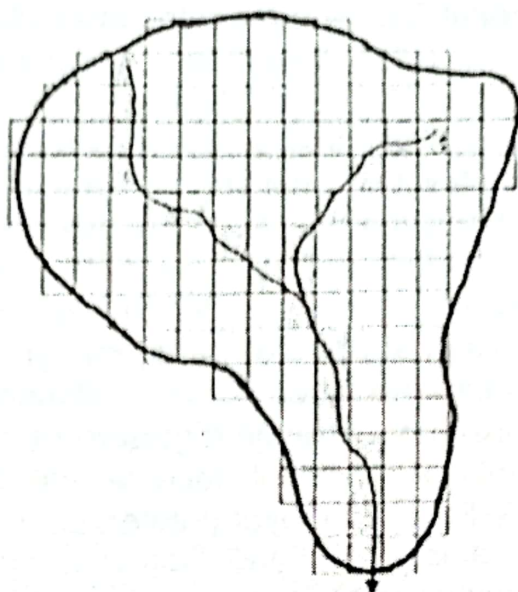


Fig.8.1. Divizarea bazinului în celule elementare, după principiul grilei sau caroiajului, specifică modelului ANSWERS (din Beasley, Huggins, 1991).

În cadrul fiecărui element, procesele de scurgere și eroziune sunt simulate prin funcții ale parametrilor hidrologici și erozionali specifici elementului în cauză (precum panta, direcția liniei de cea mai mare pantă, învelișul vegetal, intensitatea ploii, capacitatea de infiltrație, erodabilitatea solului etc.), stabilindu-se pentru fiecare hidrograful scurgerii de suprafață și subterane. O condiție importantă este aceea ca parametrii utilizați de model să fie uniformi în cuprinsul unei arii elementare ceea ce impune și mărimea acesteia. În această privință, un avantaj deosebit constă în cuplarea modelului cu un sistem de informații geografice (GIS), ceea ce face posibilă considerarea unor elemente de mici dimensiuni și prin urmare respectarea în mai mare măsură a condiției mai sus enunțate.

Scurgerea din fiecare element, cu excepția elementului de la extremitatea aval a bazinului, este preluată de celulele adiacente de pe versanți, iar în cazul celor străbătute de rețeaua hidrografică aceasta trece în „elementul de canal” asociat și este apoi condusă către aval în lungul albiei. Prin urmare, propagarea scurgerii ia astfel forma unui proces „în cascadă” dat fiind că ieșirile dintr-unul sau mai multe elemente constituie intrări pentru un alt element din aval.

La baza modelului ANSWERS, ca de altfel a celor mai multe modele hidrologice la nivel de bazin, stă ecuația de continuitate:

$$\frac{dS}{dt} = I - Q$$

în care: S este volumul de apă la suprafața elementului considerat,

t – timpul;

I – debitul ce intră în element din cele adiacente cumulat cu aportul pluvial;

Q – debitul ce iese din element.

Stabilirea hidrografului compus, pentru întregul bazin, se realizează pe baza ecuației de mai sus, printr-o metodă de tipul „unde cinematice” (la care variația se datorează fluctuației de nivel spre deosebire de unde dinamice), ce reprezintă o variantă simplificată a ecuațiilor Saint-Venant, asociind ecuației de continuitate, mai sus prezentate, formula lui Manning, ca relație nivel-debit. Folosirea acestei relații sau a formulei lui Chézy, în forma sa uzuală, este posibilă dată fiind varianta extrem de simplificată a ecuației energiei, specifică metodei unde cinematice, care se reduce la egalitatea dintre panta patului de scurgere și panta piezometrică. Soluționarea se face prin integrarea ecuației de continuitate prin metoda diferențelor finite, pe baza unei scheme regresive.

În privința modelului erozional, acesta are la bază ecuația de continuitate propusă de Foster și Meyer (Foster, Lane, 1987):

$$\frac{\delta G_F}{\delta x} = R_{DT} + D_F$$

în care: δG_F este rata transportului de sedimente în scurgere (greutatea acestora pe o lățime unitară, în unitatea de timp);

δx – distanța în lungul suprafeței de scurgere;

R_{DT} – rata detașării particulelor prin impactul picăturilor de ploaie (greutatea acestora pe unitatea de suprafață și de timp);

D_F – rata detașării prin scurgere (greutate/suprafață și timp).

Rezolvarea ecuației de mai sus se realizează în cadrul modelului ANSWERS printr-o procedură cu trei pași importanți și anume:

1. Capacitatea de transport a scurgerii este comparată cu gradul de încărcare cu sedimente al acesteia, iar în cazul în care cea dintâi este mai mare diferența dintre cele două mărimi este transferată la pasul 2.

2. Se stabilește rata detașării prin impact și se compară cu capacitatea de transport disponibilă (diferența preluată de la pasul 1).

3. În cazul în care se menține o capacitate de transport neacoperită (diferența preluată de la pasul 2) se trece la calcularea ratei de detașare a particulelor sub acțiunea stratului de scurgere și apoi se compară din nou cele două valori.

În continuare, sunt prezentate o serie de aspecte privind concepția componentelor modelului ANSWERS, modul în care acesta reprezintă procesele hidrologice și erozionale.

Modelul hidrologic are la bază concepția hortoniană privind formarea scurgerii ca urmare a depășirii capacității de infiltrare a apei în sol. Această concepție rămâne încă cea mai larg răspândită, fiind de altfel singura avută în vedere la noi în țară (cu toate că în ultimii ani mulți autori iau în considerare în cazul bazinelor montane împădurite concepția dunniană, de la numele hidrologului american Thomas Dunne, care a propus-o inițial – Dunne *et al.*, 1970, 1975). Totuși, modelul permite și o reprezentare simplificată a afluxului subteran prin intermediul fracției de cedare a apei subterane (GRF).

După începerea ploii o parte din apa căzută este interceptată de coronamentul vegetației (care are un anumit grad de acoperire, ce se notează *PER*), perioadă în care intensitatea ploii este diminuată cu rata interceptării până când întreaga capacitate de retenție a stratului vegetal a fost epuizată. Dacă intensitatea ploii este mai mare decât rata retenției în coronament începe infiltrația. Intensitatea infiltrației se consideră dependentă de umiditatea inițială a solului (*ASM*), porozitatea totală (*TP*), valoarea capacității de apă în câmp (*FP*), viteza de infiltrație la saturație (*FC*), viteza de infiltrație inițială (*FC+A*) și adâncimea zonei de control (*DF*). Dată fiind diminuarea progresivă a infiltrației (odată cu creșterea conținutului de apă al solului) se atinge un moment, în care intensitatea ploii depășește rata cumulată a infiltrației și interceptării îi când începe acumularea apei în microdepresiunile de la suprafață (retenția la suprafață). Retenția la suprafață se consideră descrisă prin următoarele variabile: coeficientul configurației terenului (*RC*) ce reflectă frecvența microdenivelărilor și respectiv adâncimea maximă a acestora (*HU*). După completarea capacității de retenție la suprafață se declanșează scurgerea. Dacă ploaia este suficient de îndelungată, se atinge o stare staționară, procesul de infiltrație decurgând cu intensitatea minimă (*FC*). După încetarea ploii, infiltrația continuă până la epuizarea rezervelor stocate la suprafață. Pe parcursul scurgerii, la nivelul fiecărui element, poate apărea un strat de scurgere, care reprezintă o stocare temporară (*S*) ce evident se disipează după încetarea ploii.

Detașarea particulelor de sol și transportul acestora poate fi cauzat atât de către impactul picăturilor (*DTR*) cât și de scurgerea de suprafață (*DTO*). Particulele detașate sunt transportate mai departe în cazul în care cantitatea de sedimente în suspensie este mai mică decât capacitatea de transport a scurgerii (*DT*). *ANSWERS* nu ia în considerare transportul prin împrăștiere în urma impactului. Sedimentarea se produce când încărcarea cu particule în suspensie depășește capacitatea de transport.

În cele ce urmează, vom prezenta pe scurt o parte din relațiile matematice folosite în cadrul modelului pentru cuantificarea diferitelor subprocesuri considerate.

Intercepția. În modelul *ANSWERS* se utilizează retenția totală maximă prin intercepție (*PIT*, în mm) ca parametru de intrare. Quantumul ploii este multiplicat cu proporția din element acoperită de vegetație (*PER*) pentru a se calcula rata interceptării (*RIT*). Atât quantumul ploii (în intervalele de timp respective) cât și valoarea potențială a retenției în coronament se diminuează cu rata *RIT* până când întreaga capacitate de retenție este epuizată. Retenția maximă (*PIT*) trebuie stabilită pentru fiecare ploaie și tip de cultură în parte.

Infiltrația. Aceasta este reprezentată, în cadrul modelului, prin intermediul ecuației Holtan, în varianta ușor modificată de Huggins și Monke (Beasley, Huggins, 1991), având forma:

$$f = FC + A \cdot \left(\frac{S + DR - F}{TP \cdot DF} \right)^P$$

în care: f reprezintă intensitatea infiltrației ($\text{mm} \cdot \text{oră}^{-1}$);
 FC – intensitatea infiltrației la saturație ($\text{mm} \cdot \text{oră}^{-1}$);
 A – diferența între intensitatea maximă a infiltrației și cea de saturație ($\text{mm} \cdot \text{oră}^{-1}$);
 S – capacitatea totală de stocare a apei în orizontul „activ” sub raport hidrologic;
 $S = (1 - ASM) \cdot TP \cdot DF$;
 DF – grosimea stratului „activ” hidrologic (mm);
 TP – porozitatea totală, în procente de volum;
 ASM – umiditatea antecedentă, dată în procente din capacitatea de saturație;
 DR – cuantumul drenajului pe terenuri drenate (mm);
 F – infiltrația cumulată (mm);
 P – un coeficient adimensional de proporționalitate.

Dintre termenii ecuației de mai sus, cel mai dificil este de stabilit grosimea stratului de control (DF), care de altfel este și definită destul de arbitrar. Beasley recomandă adoptarea unor valori cuprinse între 0,25 și 0,75 din grosimea orizontului A , în timp ce alți autori propun determinarea experimentală a acestui parametru, caz în care apare inconvenientul că devine o valoare ajustată și nu măsurată.

Modelul erozional. Detașarea prin impactul picăturilor de ploaie se calculează prin formula propusă de Wischmeier și Meyer (Wischmeier, Smith, 1978):

$$DETR = 0.108 \cdot C \cdot K \cdot A_i \cdot R^2$$

în care: $DETR$ este detașarea prin impactul picăturilor de ploaie ($\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$);
 C – produsul factorilor C și P din formula Wischmeier (USLE);
 K – factorul erodabilității solului din USLE (în unități engleze);
 A_i – suprafața (m^2);
 R – intensitatea ploii în intervalul considerat ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$).

Detașarea particulelor datorată scurgerii superficiale se stabilește pe baza relației propuse de Foster (1987) ce are la bază tot formulele Wischmeier:

$$DETF = 0,90 \cdot C \cdot K \cdot A_i \cdot SL \cdot q$$

în care: $DETF$ reprezintă detașarea prin scurgere ($\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$);
 SL – panta (%);
 q – debitul specific, pe o lățime unitară ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$);
 C – produsul factorilor C și P din formula Wischmeier (USLE);
 K – factorul erodabilității solului din USLE (în unități engleze);
 A_i – suprafața (m^2).

Capacitatea de transport se stabilește prin intermediul formulelor Yalin adaptate pe baza observațiilor lui Beasley:

$$TF = 161 \cdot SL \cdot q^{0.5} \quad \text{dacă} \quad q \leq 0,046 \text{ (m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-1})$$

$$\text{respectiv } TF = 16\,320 \cdot SL \cdot q^2 \quad \text{dacă} \quad q > 0,046 \text{ (m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-1})$$

în care: TF este capacitatea potențială de transport a sedimentelor ($\text{kg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$);
 SL – panta (%);
 q – debitul specific.

Evident însă capacitatea de transport nu crește la infinit cu pătratul debitului specific, dar se consideră că, în domeniul debitelor general întâlnite în astfel de simulări, formulele de mai sus conduc la rezultate rezonabile.

Transportul sedimentelor este calculat la nivelul întregului bazin, împreună cu scurgerea pe versanți și în albi, pe baza ecuațiilor simplificate ale unei cinematische.

8.3.2. TESTAREA, ADAPTAREA ȘI CALIBRAREA MODELULUI ANSWERS

Dincolo de incontestabila lor importanță didactică și științifică, modelele conceptuale, bazate pe reprezentări matematice ale subproceselor implicate în scurgerea pluvială și eroziunea solului își pot dovedi utilitatea practică mai ales în cazul acelor bazine pentru care nu se dispune de observații directe, ceea ce face imposibilă aplicarea unor modele statistice. Din acest motiv unul dintre obiectivele clar exprimate în elaborarea unui model este acela de a utiliza cât mai mulți parametri care să poată fi stabiliți direct, pe baza unor determinări pe teren, pe materiale cartografice etc.

În cazul modelului Answers, parametrii utilizați s-ar putea grupa în trei categorii. Astfel, pe lângă acei parametri care se pot determina relativ ușor și precis (de exemplu, pantele și direcțiile de scurgere determinate pe planurile topografice sau prin intermediul modelului digital al terenului) apar o serie de parametri care pot fi determinați cu precizie pentru un anumit punct și un moment dat (cele mai multe dintre mărimile

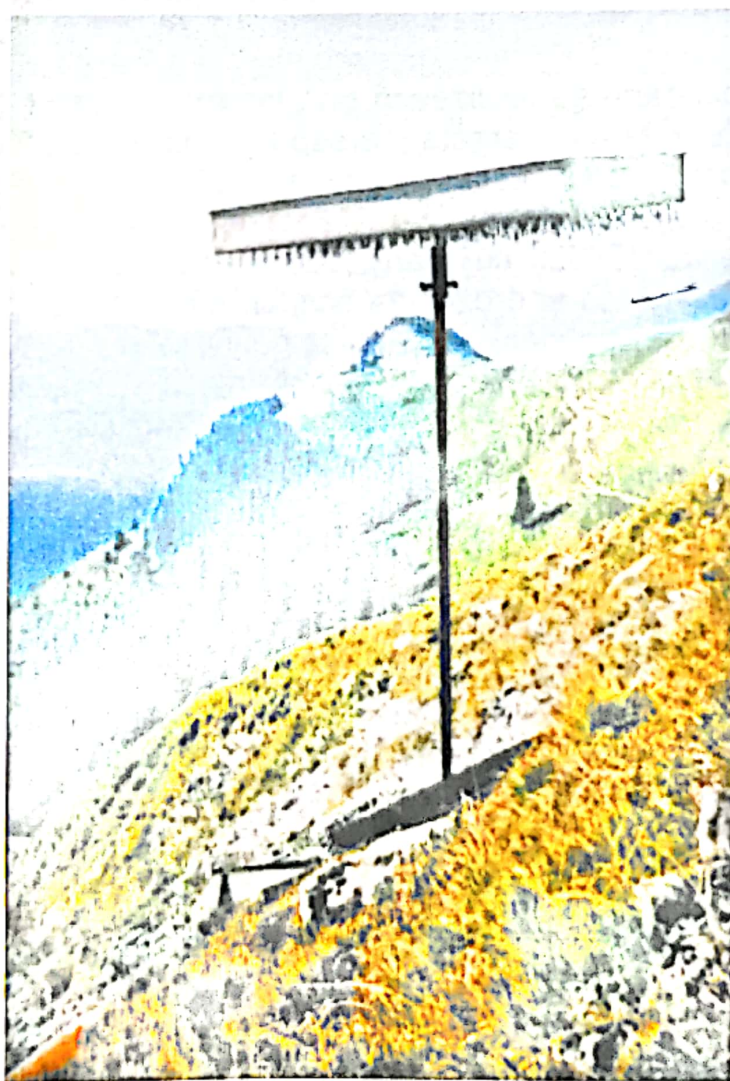


Foto 8.1. Imagine cu infiltrometrul mobil cu tijă în timpul unui experiment (Foto: V. Păcurar, 2000).

caracteristice solului și învelișului vegetal), dar care au o pronunțată variabilitate spațială, care nu poate fi descrisă riguros – conform metodelor geostatistice – în condițiile unui număr redus de observații. În fine, o a treia categorie reunește acei parametri care sunt practic imposibil de determinat direct. Exemplul tipic pentru această ultimă categorie îl reprezintă așa numita „adâncime prag” (*DF*), adică grosimea stratului de sol care influențează intensitatea de infiltrație la suprafața solului.

Pentru estimarea parametrilor din categoria a treia și a unora dintre cei din cea de a doua am efectuat o serie de experimente cu infiltrometrul mobil cu tijă. Acest instrument, conceput de profesorul dr.ing. Iosif Ciortuz (Ciortuz, 1981), permite efectuarea unor experimente prin aplicarea de ploi simulate unor suprafețe de teren elementare (cu suprafața de $0,5 \text{ m}^2$) și măsurarea volumului scurgerii generate și turbidității acesteia. Infiltrometrul mobil cu tijă se compune dintr-o tavă cu suprafața de $0,5 \text{ m}^2$, prevăzută cu orificii prin care sunt trecute fire de lână pe care se scurge apa, formându-se picăturile ploii simulate. Tava se alimentează manual și este susținută la înălțimea de 1,5 m prin intermediul unei tije metalice, care se fixează în teren. Poziția orizontală a tăvii (foarte importantă pentru asigurarea unei grosimi uniforme a stratului de apă, care condiționează uniformitatea picurării) se realizează prin intermediul unor șuruburi de calare. Pe teren, suprafața aspersată (corespunzătoare proiecției tăvii) se delimitează lateral prin pereți metalici, iar în aval printr-o placă jgheab, care captează scurgerea conducând-o la vasele de colectare. Infiltrometrul de tip Ciortuz a fost folosit cu foarte bune rezultate în cercetări experimentale privind scurgerea și eroziunea solului atât în țară cât și peste hotare, mai ales în Italia. Apreciem că el poate constitui în viitor un instrument util în calibrarea unora dintre relațiile din cadrul modelelor hidrologice și erozionale.

În urma experiențelor efectuate, în cadrul bazinului Grohotiș, situat aval de Vama Strunga dintre masivele muntoase Bucegi și Leaota (foto 8.2), pe baza determinării volumelor de apă scursă din 5 în 5 minute și a concentrației volumetrică a suspensiei s-au stabilit principalii parametri utilizați de model. În acest scop am recurs la două metode, prima dintre acestea constând în calibrarea principalelor ecuații considerate izolat, adică a ecuației Holtan-Overton pentru infiltrație și a ecuațiilor Wischmeier-Meyer și Foster pentru eroziune (a se vedea prezentarea generală a modelului Answers), iar a doua metodă recurgând la aplicarea modelului ANSWERS pentru o parcelă elementară de $0,5 \text{ m}^2$. Deși inițial am recurs la prima metodă, analiza detaliată a structurii modelului, a modului de transfer al datelor între procedurile componente ne-a condus la ideea aplicării celei de doua metode care s-a dovedit precisă și eficientă. Practic, aplicarea modelului la un „bazin” cu o singură celulă este posibilă deoarece și în cazul unei aplicații obișnuite calculele se fac inițial la nivelul fiecărei celule după care se recurge la simularea propagării scurgerii până la secțiunea de calcul din extremitatea aval a bazinului. O modificare minoră a programului permite să se obțină hidrograful scurgerii și variația în timp a quantumului eroziunii și transportului solid pentru orice element din bazin.



Foto 8.2. Bazinele hidrografice Grohotiș, în stânga și Bărbuleț, în dreapta (Foto: V. Păcurar, 2000).

Considerăm că această posibilitate de a calibra modelul pe baza unor experimente efectuate cu infiltrometrul este deosebit de utilă în cazul bazinelor pentru care nu se dispune de măsurători privind debitele și transportul de aluviuni, care să permită o calibrare clasică. Din acest motiv am efectuat un studiu comparativ privind valorile parametrilor modelului stabiliți pe această cale și prin calibrarea clasică realizată pentru acest bazin experimental, pentru care am avut la dispoziție date obținute prin măsurători directe, după cum se va prezenta în continuare. Analiza comparativă a evidențiat că valorile parametrilor stabilite pe baza experimentelor cu infiltrometrul mobil cu tijă și cele determinate prin calibrare clasică sunt satisfăcător de apropiate (Păcurar, 2001), ceea ce justifică recomandarea de a se aplica procedeul experimental pentru bazine fără date măsurate.

Din punct de vedere practic, interes major în ceea ce privește scurgerea și eroziunea solului în bazinele hidrografice montane prezintă ploile torențiale, care produc cele mai intense viituri. Din acest motiv, în lucrarea de față am ales pentru analiză un număr de ploi torențiale și anume unele dintre cele care conform datelor hidrologice au generat cele mai mari viituri anuale în bazinul hidrografic Grohotiș. Obiectivele acestei analize au fost următoarele:

- calibrarea modelului pentru bazinul Grohotiș pentru o ploie torențială, adică găsirea acelui set de parametri, care conduc la valorile

cele mai apropiate de cele măsurate ale unor mărimi hidrologice alese, precum debitul maxim, volumul scurgerii etc.

- stabilirea unor modalități de determinare a variabilelor utilizate de model (ca de exemplu interceptia, umiditatea inițială a solului etc.);
- compararea valorilor parametrilor modelului determinate prin calibrare cu cele stabilite prin metoda experimentală (cu infiltrometrul mobil cu tijă);
- aplicarea modelului la alte ploi decât cea utilizată pentru calibrare și compararea rezultatelor simulării cu valorile observate.

Pentru testarea și calibrarea modelului a fost luată în considerare cea mai mare viitură din anul 1998, înregistrată în 28 iunie 1998. Ploaia care a generat acest eveniment hidrologic a avut o durată de 140 de minute și un quantum de 42,9 mm, adică o intensitate medie de $0,31 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, pe parcursul acesteia înregistrându-se două nuclee de maximă intensitate (de $0,86$ și $0,75 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$). Testarea modelului s-a făcut prin încercări succesive, având mai întâi în vedere doar scurgerea. În ceea ce privește componenta erozională a modelului, aceasta a fost studiată ulterior, modificând doar cei doi parametri direct implicați: K – coeficientul de erodabilitate a solului și C – coeficientul de rezistență al învelișului vegetal. Calibrarea modelului *ANSWERS* pentru bazinul Grohotiș s-a făcut în paralel cu analiza sensibilității modelului la modificarea parametrilor și variabilelor specifice. Această analiză este deosebit de importantă pentru stabilirea parametrilor cu cea mai mare influență asupra rezultatelor simulării și cărora trebuie să li se acorde cea mai mare atenție pe parcursul procesului de calibrare, care se face prin încercări succesive. Numărul relativ mare de parametri ai modelului ar impune altfel testarea unui număr foarte mare de variante.

După calibrarea modelului realizată la viitura anterior menționată, s-a aplicat modelul pentru alte șapte evenimente hidrologice (fără a mai modifica parametrii fixați prin calibrare), pentru a putea evalua calitatea simulărilor realizate cu ajutorul acestui model, în varianta sa adaptată pentru bazine montane din țara noastră.

Pentru a putea avea o imagine de ansamblu privind rezultatele aplicării modelului *ANSWERS* la viiturile considerate, acestea au fost sintetizate în tabelul următor (tabelul 8.1), în care sunt redată și diferențele dintre valorile simulate și cele observate, exprimate în valori absolute și relative (procente din valoarea observată). Precizăm că în acest tabel, așa numitul timp de concentrare reprezintă timpul scurs de la debutul ploii până la atingerea valorii maxime a debitului (vârful hidrografului). Pentru viitura compusă din 27–28 iulie 1997, am luat în considerare valorile debitului și timpului de concentrare corespunzătoare celor două vârfuri ale hidrografului și o singură valoare a volumului scurgerii.

Tabelul 8.1

Diferențele dintre valorile observate și simulate ale debitului maxim, volumului scurgerii și timpului de concentrare

Nr. crt.	Data	Debitul maxim				Volumul scurgerii (m^3)				Timpul de concentrare			
		Q max ($l \cdot s^{-1}$)		Diferența		W (m^3)		Diferența		t (min)		Diferența	
		Obs.	Sim.	$l \cdot s^{-1}$	%	Obs.	Sim.	m^3	%	Obs.	Sim.	min	%
1	28.06.98	2016	2102,4	86,4	4,29	31450	29734	-1716	-5,46	70	77	7	10
2	20.09.98	793	825,9	32,9	4,15	50113	56428	6315	12,6	1130	1100	-30	-3
3	4.05.98	662	707,6	45,6	6,89	17990	25438	7448	41,4	350	384	34	9,7
4	27.07.97	1230	1196,9	-33,1	-2,7	-	-	-	-	720	777	57	7,9
5	28.07.97	1510	1469,2	-40,8	-2,7	100642	115861	15219	15,1	1680	1680	0	0
6	23.09.96	1129	1185,3	56,3	4,99	67554	75612	8058	11,9	1140	1173	33	2,9
7	15.06.92	1319	1367,1	48,1	3,65	33301	18788	-14513	-43,6	170	135	-35	-21
8	16.08.92	469	529,2	60,2	12,8	4141,5	5826,5	1685	40,7	95	114	19	20

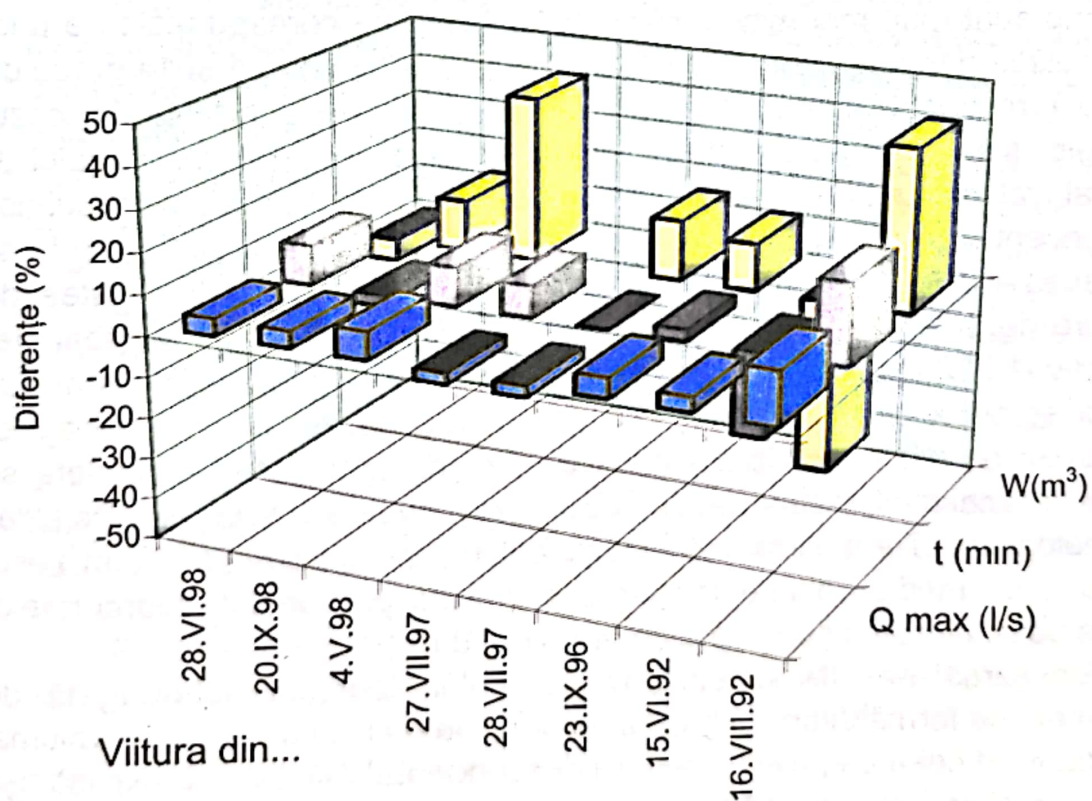


Fig. 8.2. Diferențele dintre valorile observate ale debitului maxim, volumului scurgerii și timpului de concentrare (în procente din valorile observate).

Din tabelul 8.1 și figura de mai sus (fig. 8.2), se remarcă evident că debitele maxime sunt bine simulate de modelul ANSWERS (diferențele fiind pentru majoritatea viiturilor mai mici de 5%). Aceeași constatare se poate face și în ceea ce privește poziția vârfurilor hidrografelor (timpii de concentrare), deși apar și diferențe mai mari, ajungând până la 20 %. În schimb, volumele scurgerii calculate pe baza hidrografelor simulate sunt mult diferite de cele stabilite pe baza înregistrărilor limnigrafice, diferențele depășind la câteva ploi 40 %.

Considerăm că media diferențelor (luate în modul) dintre valorile simulate și observate (exprimate în procente) constituie un indice de apreciere a rezultatelor simulării. Acest indice este egal cu 5,3% pentru debitele maxime, 9,2 % pentru timpii de concentrare și se mărește la 24,4% în cazul volumelor scurgerii. Apreciem ca nerecomandabilă utilizarea analizei varianței pentru evaluarea rezultatelor simulării, datorită dispersiei mari a valorilor în cadrul fiecărui grup. Din acest motiv, analiza varianței conduce la concluzia unor diferențe nesemnificative între valorile observate și simulate. Valorile calculate ale parametrului testului F (0,016 pentru debite, 0,001 pentru timpii de concentrare și 0,028 pentru volumele scurgerii) sunt mult mai mici decât valorile teoretice corespunzătoare unei probabilități de transgresiune de 5%, egale cu 4,60 (pentru 1 și 14 grade de libertate) respectiv 4,74 (pentru 1 și 12 grade de libertate – în cazul volumelor scurgerii). La rezultate similare conduce și aplicarea testului „t” bilateral, valorile calculate, egale cu 0,086 pentru debite, 0,378 pentru timpii de concentrare respectiv 0,403 pentru volumele scurgerii, fiind de asemenea mult mai mici decât valorile critice, pentru probabilitatea de depășire de 5 %, care sunt egale cu 1,761 (pentru 14 grade de libertate) respectiv 1,782 (pentru 12 grade de libertate). Pe baza celor mai sus arătate, se poate totuși trage concluzia că pe măsura creșterii eșantioanelor (numărului de viituri analizate) mediile valorilor observate și simulate se apropie tot mai mult, inclusiv în ceea ce privește volumul scurgerii. De altfel, chiar pentru cele 7 viituri analizate, media valorilor simulate ($43\,598,6\text{ m}^3$) este apropiată de media volumelor scurgerii stabilite prin analiza hidrografelor trasate pe baza datelor limnigrafice ($46\,812,29\text{ m}^3$).

Simularea nesatisfăcătoare a volumului scurgerii este legată de diferențele de formă dintre hidrografele observate și simulate, care sunt mai importante în ceea ce privește ramura descendentă. Aceasta se explică așa cum am mai arătat prin maniera rudimentară în care acest model reprezintă scurgerea hipodermă și subterană, care joacă un rol important în bazinele hidrografice montane. Se impune ca prin cercetările viitoare să acorde o atenție sporită modelării acestor subprocesuri hidrologice.

Remarcăm totuși faptul că ramura ascendentă a hidrografului și mai ales vârful acestuia se datorează scurgerii rapide, de suprafață, care este

bine simulată. În concluzie, recomandăm aplicarea modelului *ANSWERS* pentru estimarea debitului maxim și timpului de concentrare. Atragem însă atenția asupra importanței stabilirii cu mare grijă a parametrilor specifici bazinului (calibrării) și a valorilor variabilelor corespunzătoare fiecărui eveniment hidrologic simulat.

Dintre evenimentele hidrologice simulate, doar la două (la ploile torențiale din 28 iunie 1998 și 15 iunie 1992) a rezultat apariția eroziunii solului pe versanții bazinului. Aceste două ploi se caracterizează prin cele mai mari intensități medii și mai ales prin valorile cele mai mari ale intensității pe intervale de 10 minute ($0,86 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ respectiv $0,88 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) și 30 de minute ($0,597 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ – respectiv $0,713 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$). De asemenea, pentru aceste ploi au rezultat cele mai mari valori ale energiei cinetice și indicelui de erozivitate, E_c și $E_{I_{30}}$ – calculate prin procedeele descrise în lucrări anterioare (Păcurar, 2001, 2006), care sunt egale cu $10,21 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ și $365,66 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ pentru ploaia din 28 iunie 1998, respectiv $7,85 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ și $335,79 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ pentru ploaia din 15 iunie 1992.

Valorile observate ale transportului solid (concentrațiile suspensiei măsurate în secțiunea aval a bazinului) se corelează foarte puțin cu cuantumul eroziunii solului de pe versanți. Foarte adesea (cum a fost cazul celor mai multe dintre viiturile analizate la care cuantumul simulat al eroziunii pe versanți a fost nul) efluența aluvionară se datorează antrenării de aluviuni din zonele sursă de pe albie, alteori – ca la ploaia din 15.VI.1992 – datorită sedimentării care se produce în „bazinele naturale de liniștire”, debitul solid măsurat este mult mai mic decât cel rezultat prin simulare.

Cercetările întreprinse arată însă că transportul solid ($\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$), efluența aluvionară, se corelează foarte strâns cu debitul din secțiunea de închidere a bazinului. Această corelație dintre debitul scurgerii totale și cel al scurgerii solide sugerează că turbiditatea în secțiunile aval ale bazinelor este determinată de antrenarea aluviunilor din zonele sursă situate în lungul albiei, care la rândul lor sunt alimentate de pe versanți (această idee este susținută, de diferențele dintre cuantumul estimat al eroziunii solului de pe versanți și efluența aluvionară măsurată).

Relațiile de regresie dintre transportul solid și debitul scurgerii din secțiunea de calcul, pot fi stabilite pe baza unor sondaje și apoi pot fi folosite pentru estimarea efluenței aluvionare (ca o alternativă mai simplă la analiza dificilă și destul de nesigură a zonelor de sedimentare și a surselor de aluviuni de pe albie). Un exemplu, îl reprezintă relația pe care noi am stabilit-o, pentru bazinul Grohotiș, pe baza valorilor maxime măsurate în lunile aprilie-septembrie din anii 1996, 1997 și 1998, caracterizată de un coeficient de corelație de 0,95 și care are forma:

$$Q_s = 0,3114 \cdot Q - 18,985,$$

în care: Q_s – debitul solid ($\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$);
 Q – debitul scurgerii ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$).

Aplicând această relație și luând în calcul valorile simulate ale debitului se obțin valorile prezentate în tabelul alăturat (tabelul 8.2).

Tabelul 8.2

Valori observate și simulate ale debitului solid

Nr. crt.	Data	Debitul solid maxim (g s ⁻¹)		Diferența	
		Observat	Simulat	g s ⁻¹	%
1	28.VI.98	520	635,6	115,6	22,2
2	20.IX.98	228	238,2	10,2	4,5
3	4.V.98	296	201,3	-94,7	-32,0
4	28.VII.97	515	438,5	-76,5	-14,9
5	23.IX.96	468	350,1	-117,9	-25,2
6	15.VI.92	84	406,7	322,7	384,2
7	16.VIII.92	28	145,8	117,8	420,7

Din tabel se observă că valorile simulate ale debitului solid maxim sunt apropiate de cele observate în cazul viiturilor din perioada 1996-1998 (pentru care s-a stabilit ecuația de regresie). În schimb, pentru cele două viituri din 1992, valorile simulate sunt mult mai mari decât cele măsurate, ceea ce probabil se datorează extinderii surselor de aluviuni de pe albie între 1992 și 1996. Prin urmare, datorită modificării în timp a surselor de aluviuni de pe albie se impune stabilirea sistematică a unor ecuații de regresie pe perioade de 3-4 ani. Aceasta metodă reclamă evident măsurători periodice, dar este mult mai rapidă și comodă decât cartarea surselor de aluviuni, iar rezultatele sunt superioare în opinia noastră.

BIBLIOGRAFIE

- Beven, K.J., Kirkby, M.J., 1979, *A physically based variable contributing area model of basin hydrology*, Hydrological Sciences Bulletin, 24(1), pp. 43-69.
- Beasley, D.B., Huggins, L.F., Monke, E.J., 1982, *Modelling sediment yields from agricultural watersheds*. Journal of Soil and Water Conservation, no.2.
- Beasley, D.B., Huggins, L.F., 1991, *ANSWERS. User's Manual*. Agricultural Engineering Department, Purdue University, 54 p.
- Ciortuz, I., 1981, *Ameliorații silvice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 208 p.
- Cliniciu, I., Lazăr, N.V., 1999, *Bazele amenajării terenurilor*, Editura Lux Libris, Brașov, 208 p.
- Cliniciu, I., 2001, *Corectarea terenurilor*. Universitatea Transilvania Brașov, 250 p.
- Dinu, V., 1974, *Pădurea. Apa. Mediul înconjurător*. Editura Ceres, București, 357 p.
- De Roo, A.P.J., 1993, *Modelling surface runoff and soil erosion in catchments using geographical information systems*. Universiteit Utrecht, 293 p.
- DeCoursey, D.G., 1985, *Mathematical models for nonpoint water pollution control*. Journal of Soil and Water Conservation, no.5.
- DeCoursey, D.G., 1991, *Mathematical models: research tools for experimental watersheds*. Recent advances in the modelling of the hydrologic systems. Kluwer Academic Press.

- Dunne, T., Black, R.D., 1970, *Partial areas contributions to storm runoff in a small New England watershed*, Water Resources Research, no.5, pp. 1296–1311.
- Dunne, T., Moore, T.R., Taylor, C.H., 1975, *Recognition and prediction of runoff producing zones in humid regions*, pp. 305–327.
- Foster, G.R., Lane, L.J. –compilers, 1987, *User requirements: USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP)*. NSERL Report No. 1, USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette,
- Ionescu, V., Ionescu, V., Berar, U., 1975, *Metode moderne de calcul al eroziunii și torențialității*, vol. I și II. Institutul Național de Informare și Documentare, București.
- Morgan, R.P.C., 1997, *Soil Erosion and Conservation. Second Edition*. Longman, Essex.
- Morgan, R.P.C., Morgan, D.D.V. & Finney, H.J., 1984, *A predictive model for the assessment of soil erosion risk*. Journal of agricultural engineering research, 30, pp. 245–253.
- Păcurar, V.D., 1998, *Utilizarea sistemelor de informații geografice în modelarea proceselor hidrologice*, Pădurea românească în pragul mileniului trei, Brașov, pp. 219–225.
- Păcurar, V.D., 2001, *Cercetări privind scurgerea și eroziunea în bazine hidrografice montane prin modelare matematică și simulare*. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov, 380 p.
- Păcurar, V.D., 2006, *Utilizarea sistemelor de informații geografice în modelarea și simularea proceselor hidrologice*. Editura Lux Libris, Brașov, 152 p.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1997, *Predicting Soil Erosion by Water: A guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agricultural Research Service, 703, United States Department of Agriculture.
- Singh, V.P. -Editor, 1995, *Computer Models of Watershed Hydrology*, Water Resources Publications, Colorado, U.S.
- Williams, J.R., Jones C.A., Kiniry J.R., Spaul, D.A., 1989, *The EPIC crop growth model*. Trans. ASAE,
- Woolhiser, D.A., Smith, R.E., Goodrich, D.C., 1990, *KINEROS, A Kinematic Runoff and Erosion Model, Documentation and User Manual*, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D., 1978, *Predicting rainfall erosion losses – a guide for conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 537.

MODELLING AND SIMULATION OF HYDROLOGICAL AND EROSION PROCESSES IN FOREST WATERSHEDS AT THE BEGINNING OF XXI CENTURY

ABSTRACT

The paper presents some issues related to hydrological and erosion processes simulation and watershed modelling. Systems mathematical modelling and process simulation are major research methods and useful tools in the decision making process concerning the natural resources management. Their importance will increase in the future, in the context of the human induced environment modifications, such as the largely debated climatic changes, which will make inappropriate many of the management „golden rules” derived from past experience.

The article comprises three parts: the first one with some general considerations regarding modelling and simulation, the second one presenting a classification of the models based on various criteria, and the

third one with an application example (results of the researches undertaken for testing the *ANSWERS* model in a Romanian mountain watershed).

The *ANSWERS* model was calibrated for a storm event that occurred in the Grohotis Watershed, located in the Bucegi Mountains. The results of the simulations for seven other floods were compared with the observed data, enabling the formulation of some conclusions regarding the possibilities of applying this model in mountain watersheds. The peak flow rates are better simulated by *ANSWERS* model (the differences being less than 5% for the majority of cases). The same remark stands for the position of the peak flows, indicated by the lag times, but the differences are higher, reaching 20% for the last two floods. The situation appears completely different for the total runoff volume, the differences reaching 40% for some flood events. The sediment yield at watershed outlet should be established by using local regression relations taking the total discharge as the independent variable. Regarding soil erosion, a sediment yield from the watershed hillslopes occurred only at two simulated events (June 28th 1998 and June 15th 1992). These are characterised by the highest values of 30 minutes intensity ($0.60 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ and $0.71 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) and Wischmeier's erosivity index ($365.66 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ respectively $335.79 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$). This situation and the lack of correlation with the measured values of the solid flow component could be explained by the deposition that occurs at hillslope foot and in the pools on the valley, creating sediment sources, which are afterwards supplying the solid component of the channel flow. The model is recommended to be used for estimating the lag time and the peak discharge, which is often the main design element, but not for predicting the total runoff volume.

Key words: processes simulation; watershed modelling; models classification; *ANSWERS* model; testing; adaptation; calibration.

9. ROLUL DIFERIT PE CARE-L ARE PĂDUREA ÎN CAZUL DIVERSELOR FAZE DE REGIM ALE SCURGERII APEI

POMPILIU MIȚĂ¹, SIMONA MĂTREĂȚĂ²

9.1. MOMENTE ÎN EVOLUȚIA CERCETĂRII ROLULUI HIDROLOGIC AL PĂDURII ÎN CADRUL INSTITUTULUI NAȚIONAL DE HIDROLOGIE ȘI GOSPODĂRIRE A APELOR

Primul moment îl putem considera anul 1964, când au fost înființate primele bazine reprezentative, la propunerea inginerului Constantin Diaconu. Acestea au fost: Fântâna Galbenă și Ieduț, de la Stâna de Vale, Tinoasa-Ciurea de lângă Iași, Coșna de lângă Vatra Dornei și Moeciu de Sus, de lângă localitatea Bran. Le-am menționat pe toate, pentru că toate au jucat un rol important în studiul rolului hidrologic al pădurii.

De înființarea acestor bazine au răspuns hidrologii Mihalache Dediu și Constanța Dinculescu, de la secția de Hidrometrie a Institutului de Studii și Cercetări Hidrotehnice (ISCH).

De menționat că toate aceste bazine aparțineau din punct de vedere administrativ Direcțiilor de Ape în raza cărora erau situate bazinele respective. Pe tot parcursul desfășurării activității bazinelor, Institutului i-a revenit coordonarea științifică a acestora.

Momentul următor l-a constituit trecerea acestor bazine, în anul 1969, în structura secției de hidrologie. În acest context, de coordonarea științifică a bazinelor a răspuns un colectiv al acestei secții condus de Pompiliu Miță. În acest an, 1969, au fost elaborate și primele programe de măsurători, specifice bazinelor hidrografice mici, menite să răspundă realizării obiectivelor pentru care au fost înființate.

Pentru toate bazinele reprezentative, obiectivul principal a fost stabilirea relației ploaie-infiltrație-scurgere, în condițiile concrete ale factorilor cadrului natural existenți în bazinele respective, aceștia fiind: structura geologică, relieful, solul, vegetația în ansamblu, împădurirea în special.

Pentru toți acești factori, relația urma să stabilească „răspunsul” bazinelor hidrografice la variația precipitațiilor, în condițiile de mediu menționate.

¹ Doctor, Asociația Română de Științe Hidrologice, București

² Cercetător științific, Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, București

Analiza efectuată pentru un mare ecart de variație a precipitațiilor a condus în mod firesc la studiul efectului acestora: variația scurgerii apei.

În acest fel, s-au analizat în strictă dependență de variația precipitațiilor, principalele caracteristici ale scurgerii: maximă, minimă și medie.

În contextul aprofundării studiului, în cazul acestor faze de regim ale scurgerii, analiza a insistat și asupra aportului diferențiat pe care-l au diversele forme de precipitații asupra scurgerii, și anume: aportul precipitațiilor lichide, al apei provenite din topirea zăpezii sau al unui aport mixt, ploaie-topire de zăpadă.

În acest context general, al studiului dependenței variației scurgerii de caracteristicile precipitațiilor, s-a abordat și rolul hidrologic al pădurii.

Un moment care poate fi considerat semnificativ în activitatea de cercetare a rolului hidrologic al pădurii în cadrul Institutului nostru l-a constituit publicarea primelor lucrări în acest domeniu, pe baza datelor de la bazinele reprezentative, în anul 1970. După anul 1971, colectivul nostru a elaborat lucrări de o mai mare diversitate în acest domeniu, ca urmare a acumulării unui fond de date din ce în ce mai consistent și a interesului manifestat pentru studiul acestei probleme de către cercetătorii noștri.

Un moment relevant în evoluția studiului rolului hidrologic al pădurii l-a constituit începutul colaborării cu cercetători din țară și străinătate.

În mod firesc, primele întâlniri în problema studiului rolului hidrologic al pădurii au avut loc cu cercetători din domeniul silviculturii. Deși n-a fost permanentă, colaborarea cu cercetătorii de la silvicultură a fost deosebit de deschisă, în primul rând cu Radu Gaspar și Petre Abagiu. Au existat între noi schimburi de date oferite deschis și de unii și de alții. Vom mai sublinia acest aspect pe parcursul lucrării.

Întrunirile internaționale la care am participat, în primul rând la Conferințele ERB (*European Network of Experimental and Representative Basins*) au avut de fiecare dată în programul lor și teme privind rolul hidrologic al pădurii. În anii 1994 și 2002, am prezentat și noi lucrări cu o asemenea temă (Miță et al., 1994, 2002).

De subliniat că, în momentul de față, de coordonarea științifică a bazinelor reprezentative în ansamblu răspunde Simona Mătreacă.

9.2. ORGANIZAREA ACTIVITĂȚII HIDROMETEOROLOGICE PENTRU STUDIUL ROLULUI HIDROLOGIC AL PĂDURII

Bazinele care au avut ca obiectiv studiul acestei probleme au fost echipate începând din anul 1969 cu un minim de instalații, specifice studiului: perechi de pluviometre sau pluviografe, în teren deschis și sub coronamentul arborilor, pentru studiul reținerii în coronament a unei părți din precipitația căzută, instalații pentru determinarea scurgerii pe trunchiul arborilor, evaporimetre și desigur limnigrafe pentru determinarea variației scurgerii, ca rezultată a factorilor menționați (fig. 9.1).

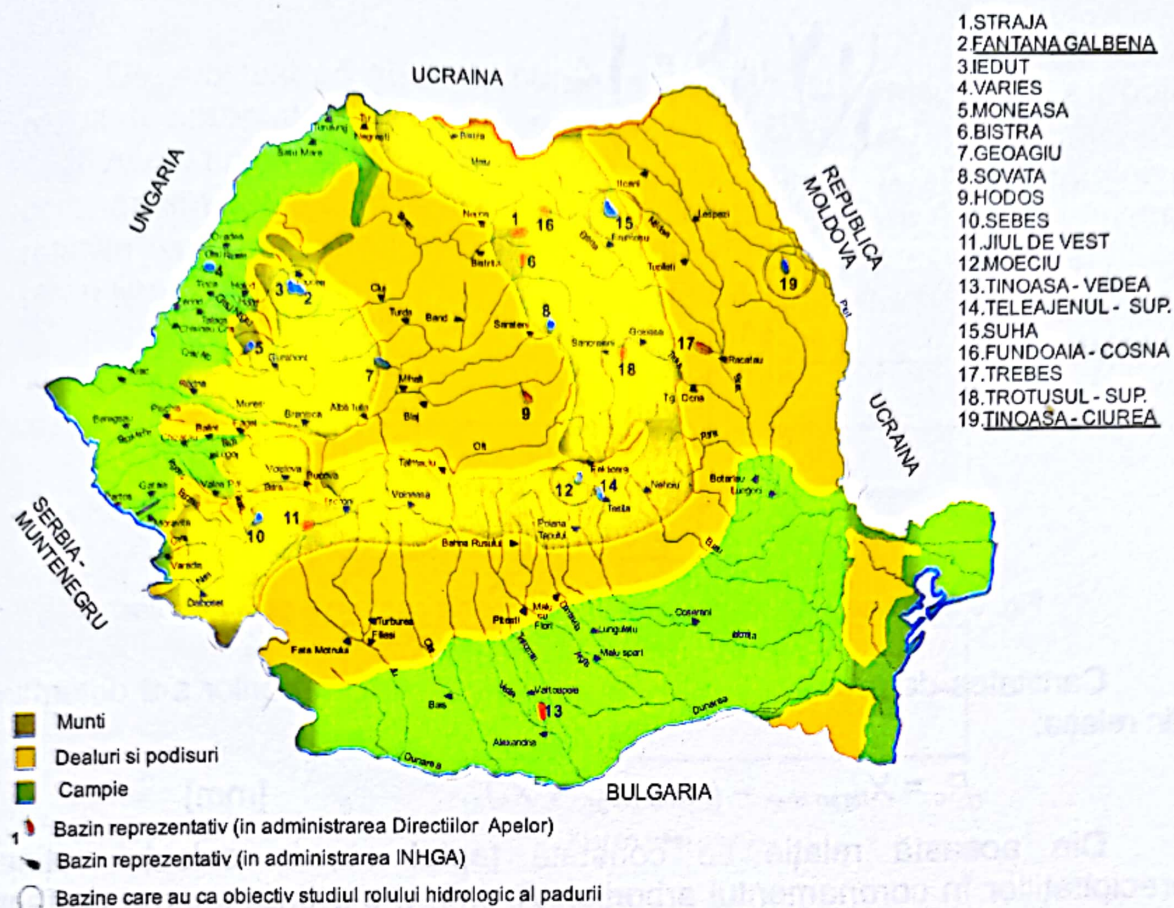


Fig. 9.1. Harta bazinelor reprezentative din România.

9.3. REZULTATE. METODE FOLOSITE PENTRU REALIZAREA ACESTORA

În elaborarea studiului privind rolul hidrologic al pădurii, s-a ținut seama de cronologia evenimentelor ploaie-intercepție-infiltrație-scurgere. În acest mod vor fi tratate și în lucrarea de față.

9.3.1. CÂT REȚINE DIN PRECIPITAȚIILE CĂZUTE FIECARE DIN COMPONENTELE PĂDURII

Cantitatea de precipitații reținută de coronamentul arborilor s-a determinat prin compararea datelor asupra precipitațiilor căzute în teren liber și cantitatea de precipitații ajunsă sub coronamentul arborilor, ținând seama și de cantitatea de precipitații scursă pe ramuri și pe trunchiuri.

În acest scop, s-au folosit datele de la pluviografele sau pluviometrele amplasate în teren deschis și sub coronamentul diverselor specii de arbori, cât și datele obținute de la instrumente adecvate de determinare a scurgerii pe trunchiul arborilor. În figura 9.2 se prezintă foarte schematic amplasarea acestor instrumente.

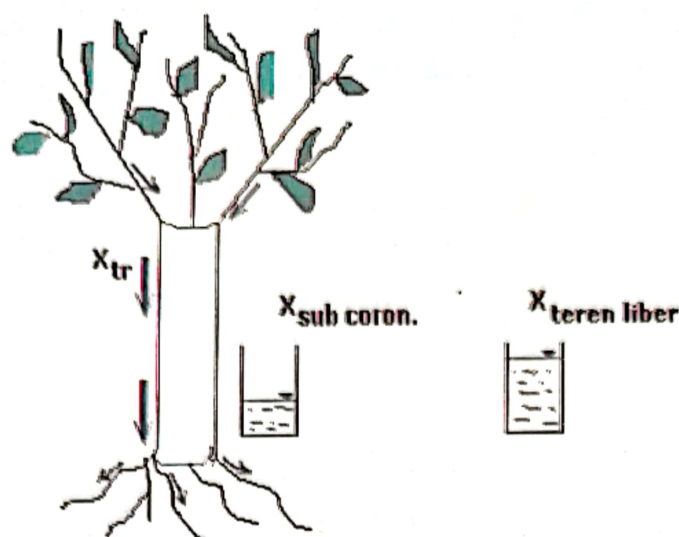


Fig. 9.2. Schema amplasării instrumentelor de captare a precipitațiilor.

Cantitatea de precipitații reținută în coronamentul arborilor s-a determinat din relația:

$$R_c = X_{\text{teren liber}} - (X_{\text{sub coron.}} + X_{\text{tr}}) \quad [\text{mm}]$$

Din această relație se constată faptul că, la calculul reținerii precipitațiilor în coronamentul arborilor, R_c (mm), s-a ținut seama de faptul că precipitațiile scurse pe trunchi, X_{tr} (mm), ajung pe sol. Din acest motiv, pentru determinarea corectă a reținerii în coronament, R_c (mm), și această cantitate de precipitații s-a scăzut din cantitatea totală de precipitații, căzută în teren liber, $X_{\text{teren liber}}$ (mm), împreună cu cantitatea de precipitații înregistrată sub coronamentul arborilor, $X_{\text{sub coron}}$ (mm).

În cadrul lucrării sunt prezentate relații între scurgerea pe trunchi și cantitatea de precipitații căzută în teren liber, pentru diverse specii de arbori.

Din figura 9.3, unde se prezintă tipul de relații menționate în cazul arborilor de pin (Abagiu *et al.*, 1980), se constată creșterea valorii scurgerii pe trunchi pe măsura creșterii precipitației căzute în teren liber. Rezultă că pe ramurile și trunchiurile arborilor se scurg cantități de precipitații de peste 1,5–2 mm în cazul unor ploii de 30–40 mm.

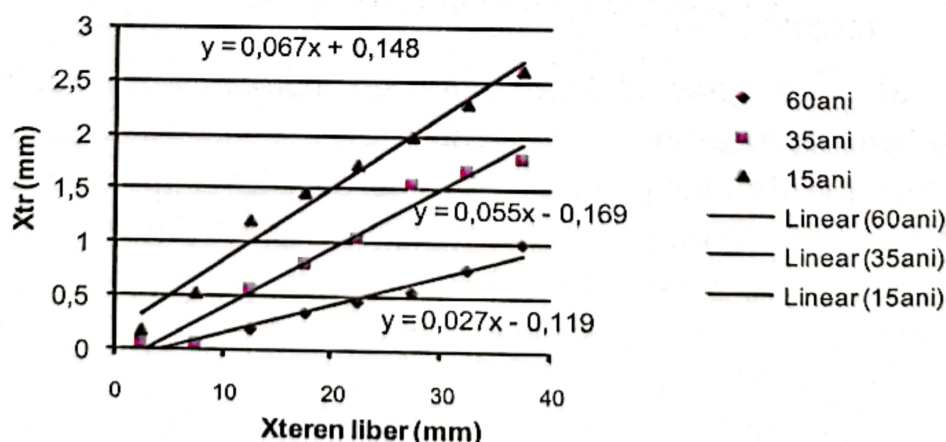
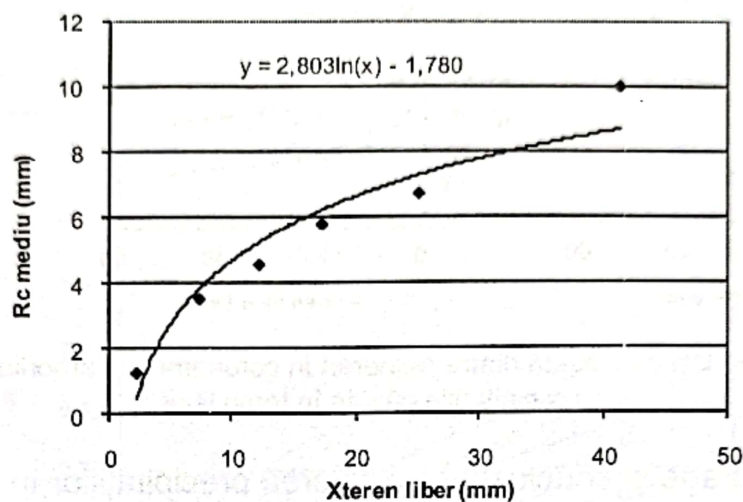


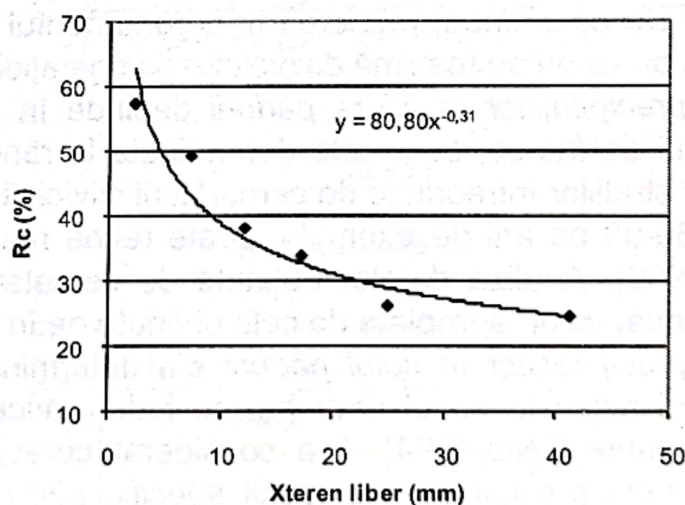
Fig. 9.3. Relația dintre scurgerea pe trunchi și precipitațiile cazute în teren liber, pentru arbori de pin.

De subliniat că și cercetători din alte țări (Llorents, 1994) au obținut rezultate apropiate în această problemă.

Acest tip de relații au fost folosite la determinarea corectă a reținerii în coronament, așa cum s-a arătat anterior. În figura 9.4 sunt prezentate relațiile dintre reținerea în coronamentul arborilor și precipitațiile căzute în teren liber.



a



b

Fig. 9.4. Relațiile dintre reținerea în coronamentul arborilor de brad (în mm – a și în procente – b) și precipitațiile căzute în teren liber – bazinul reprezentativ Moeciu.

Din analiza acestor tipuri de relații obținute pentru diverse specii de arbori au rezultat următoarele: reținerea maximă în coronament poate ajunge la 10–12,5 mm în cazul arborilor de brad și 9–11 mm în cazul arborilor de fag; procentual, R_c poate ajunge la valori cuprinse între 40–50% în cazul arborilor de brad și 30–40% în cazul arborilor de fag, în condițiile unor precipitații mai mici de 10 mm. Analiza a arătat că, la ploi mai mici de 5 mm, acestea pot fi reținute integral în ambele categorii de arborete.



Analiza comparativă a rezultatelor obținute de cercetătorii din cadrul INMH și cercetători de la alte institute cu preocupări similare, efectuate în Valea lui Bogdan (Abagiu *et al.*, 1980), a arătat valori destul de apropiate ale acestora (fig. 9.5).

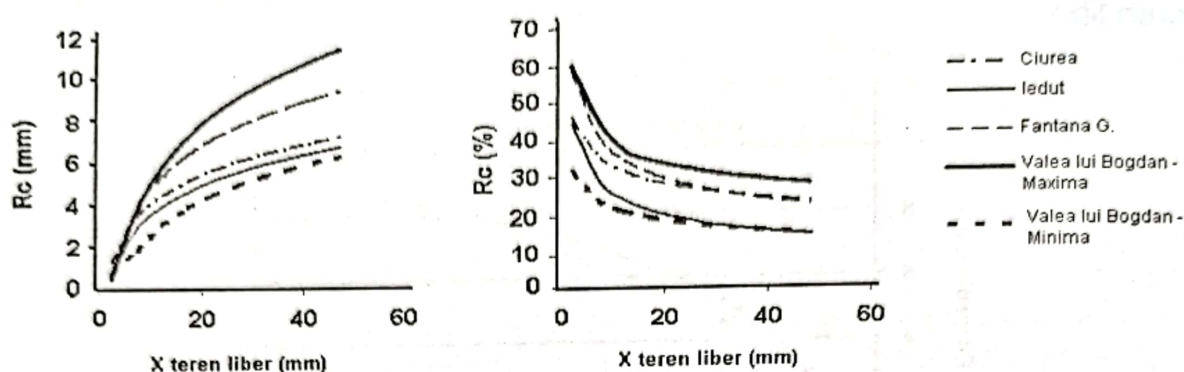


Fig. 9.5. Relații de sinteză dintre reținerea în coronamentul arborilor de fag și precipitațiile căzute în teren liber.

Se poate trage și concluzia că reținerea precipitațiilor în coronamentul arborilor pe diverse spații este cu atât mai mare cu cât densitatea arborilor este mai ridicată și pădurea este mai dezvoltată (mai în vârstă, cu mai multe etaje etc). De asemenea, reținerea în coronamentul arborilor de fag este mai mare în perioada de maximă dezvoltare a vegetației (lunile VI – IX).

Reținerea precipitațiilor în litiera pădurii depinde în mod normal de grosimea stratului de frunze, care este determinată la rândul ei de vârsta arborilor. Potrivit studiilor întreprinse de cercetătorii silvici, litiera unei păduri de foioase, de 80-90 de ani de exemplu, poate reține maximum 3–4 mm (Abagiu *et al.*, 1980). Analiza datelor obținute de cercetători din alte țări arată, de asemenea, valori apropiate de cele obținute de în țara noastră.

Reținerea precipitațiilor în solul pădurii s-a determinat prin folosirea metodei bilanțului hidric în cazul unor bazine hidrografice mici cu grade diferite de împădurire (Miță, 1994). S-a considerat corect acest mod de exprimare a reținerii precipitațiilor în solul specific pădurii, ca urmare a cunoașterii deja a variației reținerii precipitațiilor în coronamentul arborilor, R_c (mm), în litiera pădurii, R_l (mm) și a stratului scurs, h_s (mm), în cazul diverselor cantități de precipitații, X (mm), de asemenea în bazine cu grade diferite de împădurire. În acest fel, reținerea în solul pădurii a rezultat:

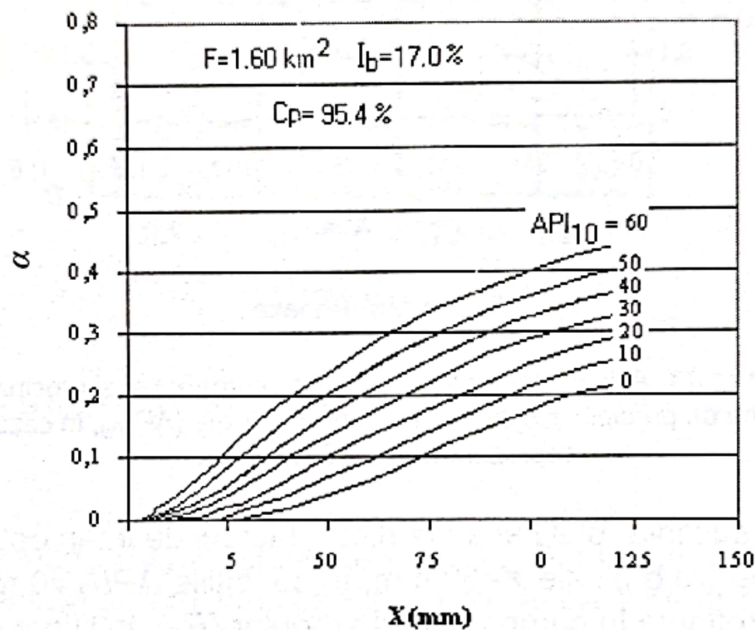
$$R_s = X - (R_c + R_l + h_s)$$

Este de subliniat faptul că R_s s-a determinat în cazul diverselor cantități de precipitații, X (mm), ținând seama și de precipitațiile căzute anterior cu 10 zile, API_{10} , mai ales în cazul stratului scurs, h_s (mm).

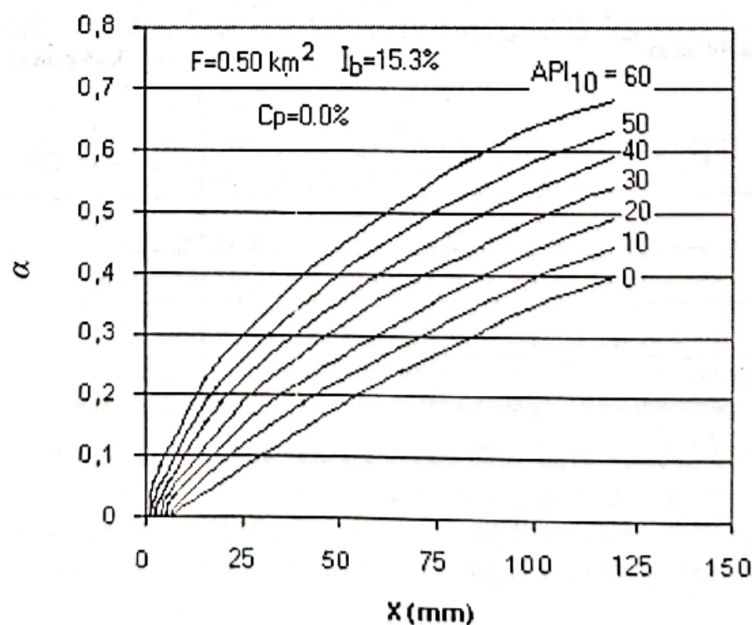
În figura 9.6 se prezintă relațiile între coeficientul de scurgere, α ($\alpha = h_s/X$), și X (mm), ținând seama de API_{10} , în cazul subbazinelor cu grade diferite de împădurire din cadrul bazinului reprezentativ Tinoasa-Ciurea. Pe

baza acestor relații, $\alpha = f(X, API_{10})$, s-au determinat straturile scurse în aceste subbazine.

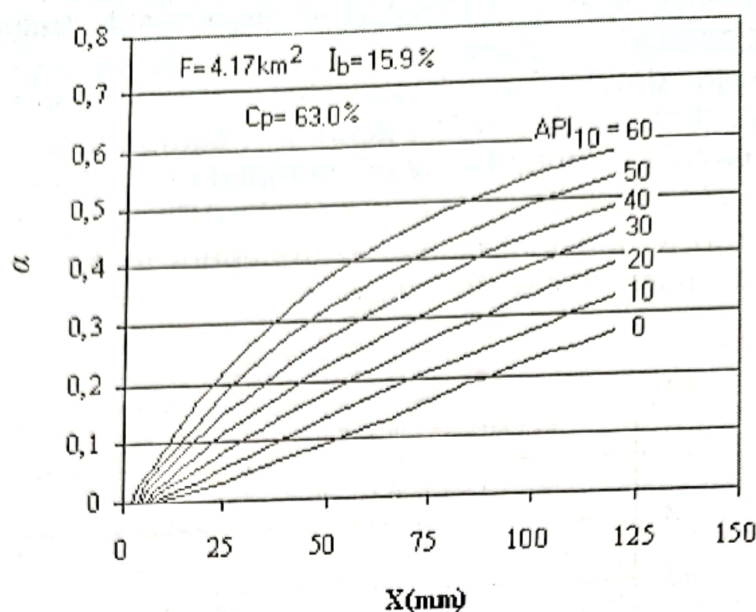
Din analiza datelor astfel stabilite, apare evidentă diminuarea scurgerii în cazul subbazinelor împădurite în comparație cu valorile care au rezultat în cazul bazinului Bolovani, complet despădurit. Într-adevăr, la aceleași valori ale precipitațiilor căzute și ale API_{10} , valorile coeficientului de scurgere α în subbazinul Humăria, împădurit în proporție de 95,5%, sunt mult mai mici decât în cazul subbazinului Bolovani, complet despădurit.



Subbazinul Humăria



Subbazinul Bolovani



Subbazinul Tinoasa

Fig. 9.6. Relațiile $\alpha=f(X, API_{10})$, dintre coeficientul de scurgere (α) și precipitația căzută (X), ținând seama de precipitațiile căzute anterior cu 10 zile (API_{10}), în cazul bazinului reprezentativ Tinoasa-Ciurea.

Pentru a sublinia rolul fiecăruia dintre factorii de interceptie se prezintă în figura 9.7 pentru o ploaie $X=50 \text{ mm}$, în condițiile $API_{10}=0 \text{ mm}$, cantitățile de precipitații reținute în coronamentul arborilor (R_C), în litiera pădurii (R_L) și în sol (R_S); de asemenea, se prezintă și stratul de apă scurs (h_s). Valorile sunt redactate atât în mm, cât și în procente din precipitațiile totale căzute.

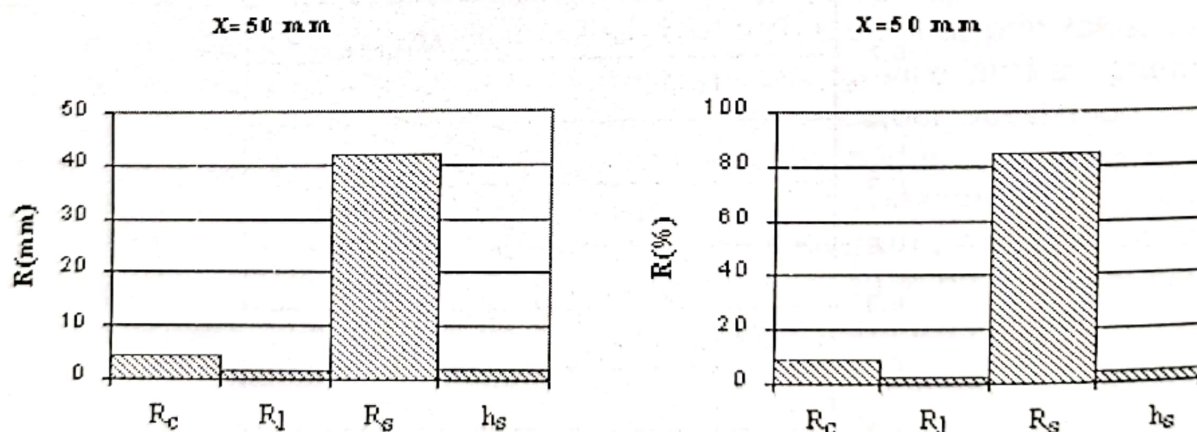


Fig. 9.7. Interceptia în coronament, litieră și sol, precum și stratul scurs, în cazul unei ploi de 50 mm și $API_{10}=0 \text{ mm}$, în b.h. Humăria ($C_p=95\%$).

În figura 9.8 se prezintă comparativ variația reținerii în sol (R_s) și variația reținerii totale (R_{tot}), pentru diverse cantități de precipitații (X) în

cazul subazinului Humăria, observându-se încă o dată ponderea mare pe care reținerea în solul pădurii o are din reținerea totală.

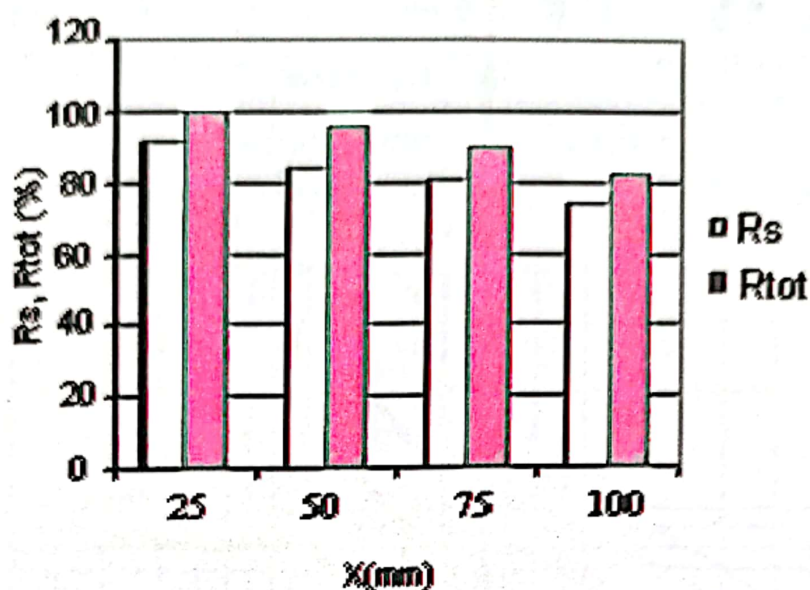


Fig. 9.8. Variația reținerii în sol și a reținerii totale, pentru diverse cantități de precipitații căzute.

Reținerea precipitațiilor în procesul de vegetație este semnificativă în cazul unor perioade mai îndelungate de timp. Din literatura de specialitate au rezultat valorile pentru transpirația medie anuală pentru diverse specii de arbori: molid $300-320 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$, fag $250-300 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$, stejar $120-300 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$, pin $120-300 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$, larice până la $680 \text{ mm}\cdot\text{an}^{-1}$.

În exemplele de mai sus, prezentate în cazul unor ploii individuale și de scurtă durată, nu s-a mai considerat necesară luarea în considerare a acestei rețineri.

9.3.2. INFLUENȚA PĂDURII ASUPRA VARIAȚIEI SCURGERII DE SUPRAFAȚĂ

Influența pădurii asupra scurgerii maxime. Influența pădurii din zone împădurite asupra scurgerii maxime s-a analizat în cadrul unor bazine reprezentative în care au existat subbazine cu coeficienți de împădurire, C_p (%), sensibil diferiți, dar în condițiile unor ploii asemănătoare pe ansamblul subbazinelor.

Efectul prezenței pădurii s-a pus în evidență în cazul tuturor bazinelor, în primul rând prin valori mai mici ale debitelor de vârf ale viiturilor în bazinele cu grad mai ridicat de împădurire. Un exemplu elocvent în acest sens îl oferă și viiturile înregistrate la data de 02.07.1971, în subbazinele din cadrul bazinului reprezentativ Tinoasa-Ciurea (fig. 9.9). Evoluția viiturii s-a exprimat în debite specifice, q ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(\text{km}^2)^{-1}$), pentru a elimina efectul suprafeței și a sublinia totodată efectul împăduririi.

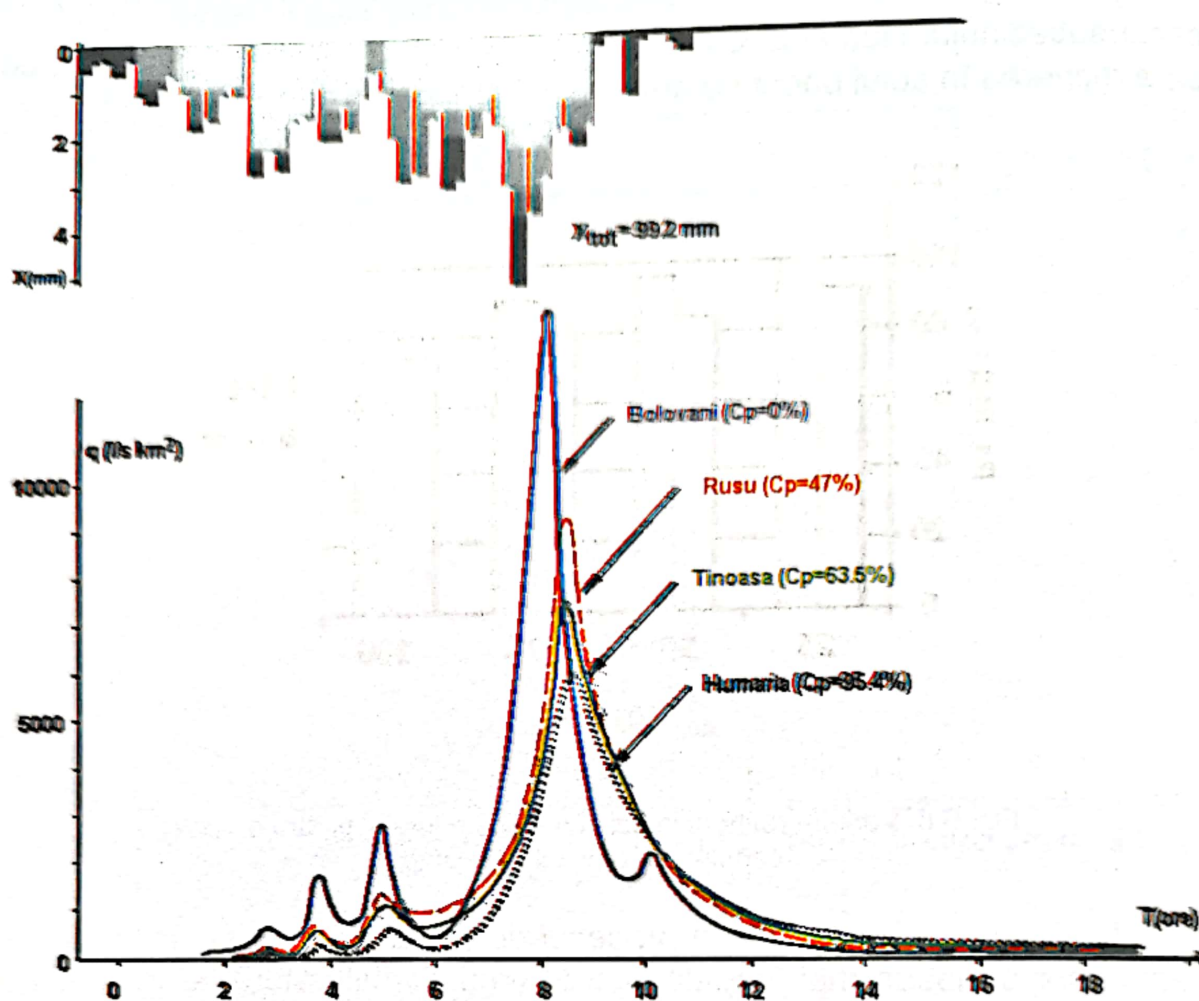


Fig. 9.9. Undele de viitură înregistrate în subbazinele cu diferite grade de împădurire, din cadrul bazinul reprezentativ Tinoasa-Ciurea (02.07.1971).

Și în cazul altor elemente ale undei de viitură, pădurea își face simțită prezența. Astfel, momentul de începere a viiturii este mai întârziat în bazinele împădurite în comparație cu cele despădurite, ca urmare a intervalelor de timp în care au loc interceptările în coronamentul arborilor, în litieră, dar mai ales în solul pădurii. Din aceleași motive și momentul de producere al debitelor de vârf are loc mai târziu decât în cazul bazinelor despădurite.

Pentru practica hidrologică însă, este important să se cunoască care este, în mod concret, *efectul pădurii asupra mărimii unor parametri ai scurgerii maxime*, cei mai solicitați în economie. În rândul acestora, se numără și valorile debitelor maxime de diverse probabilități de depășire (exemplu 1%, 5%, 10%), dar în special valorile corespunzătoare probabilității de depășire de 1%, considerată ca valoare de referință atât pentru proiectarea hidrotehnică în general, cât și pentru proiectarea lucrărilor de amenajare a cursurilor de apă torențiale în special.

Pe parcursul studiilor noastre s-au determinat astfel de valori în cazul multor bazine hidrografice, cu grade diferite de împădurire. Fondul de date acumulat a creat posibilitatea determinării debitelor maxime de o

asemenea probabilitate, debite care au stat la baza elaborării unor sinteze de tipul $q_{max\ 1\%} - F$. În figura 9.10 se prezintă acest tip de relații pentru zona hidrografică a Podișului Central Moldovenesc; ele s-au bazat, în cazul suprafețelor mici, în special pe valorile debitelor maxime de probabilitatea de depășire 1%, determinate la stațiile hidrometrice din cadrul bazinului reprezentativ Tinoasa-Ciurea, cărora le corespund subbazine hidrografice cu diverse grade de împădurire, dar și pe valorile debilor maxime de probabilitate 1% determinate la alte stații hidrometrice din zonă.

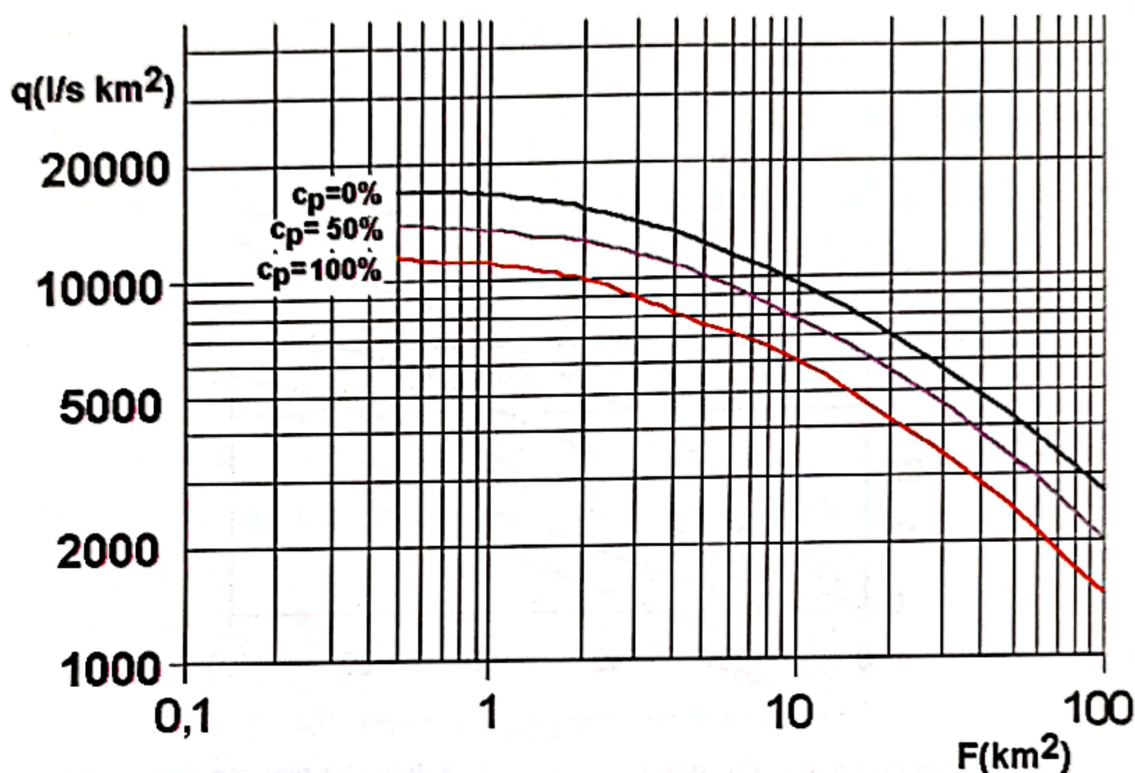


Fig. 9.10. Relația $q_{max\ 1\%}$ ($l \cdot s^{-1} \cdot (km^2)^{-1}$) - F (km^2), pentru zona hidrografică a Podișului Central Moldovenesc.

Din compararea debitelor maxime de probabilitate 1%, pentru suprafața de $1\ km^2$ de exemplu, reiese că valorile acestor debite sunt mai mici cu 17–18% în cazul bazinelor împădurite în proporție de 50% și cu circa 30–32% mai mici în cazul bazinelor împădurite 100%, față de cele complet despădurite. Este de subliniat faptul că în zona analizată sunt păduri de foioase, cu vârsta de peste 70–80 de ani.

Diferențele între valorile debitelor maxime având probabilitatea de depășire 1%, determinate în zonele despădurite și împădurite, se întâlnesc și în cazul pădurilor de conifere și sunt apropiate din punct de vedere al ordinului de mărime de cele din zona pădurilor de foioase.

Astfel de relații au dat posibilitatea, la rândul lor, să se precizeze coeficienții de diminuare a debitelor maxime pentru diverse grade de împădurire, β_i , având ca referință debitul maxim de probabilitate 1% rezultate în cazul bazinelor complet despădurite ($C_p = 0\%$).

Coeficientul de diminuare a debitului specific maxim, $q_{max\ 1\%}$, pentru zone cu diverse grade de împădurire, a rezultat sub forma:

$$\beta_i = \left(1 - \frac{q_{max\ 1\%} \text{ la } Cp > 0\%}{q_{max\ 1\%} \text{ la } Cp = 0\%}\right) \cdot 100$$

Din figura 9.11, unde se prezintă acest tip de relație în cazul Podișului Central Moldovenesc, reiese că pentru bazine complet împădurite ($Cp=100\%$) debitele maxime specifice cu probabilitatea de depășire 1% sunt mai mici cu peste 35%, comparativ cu debitele de aceeași probabilitate determinate în cazul bazinelor complet despădurite.

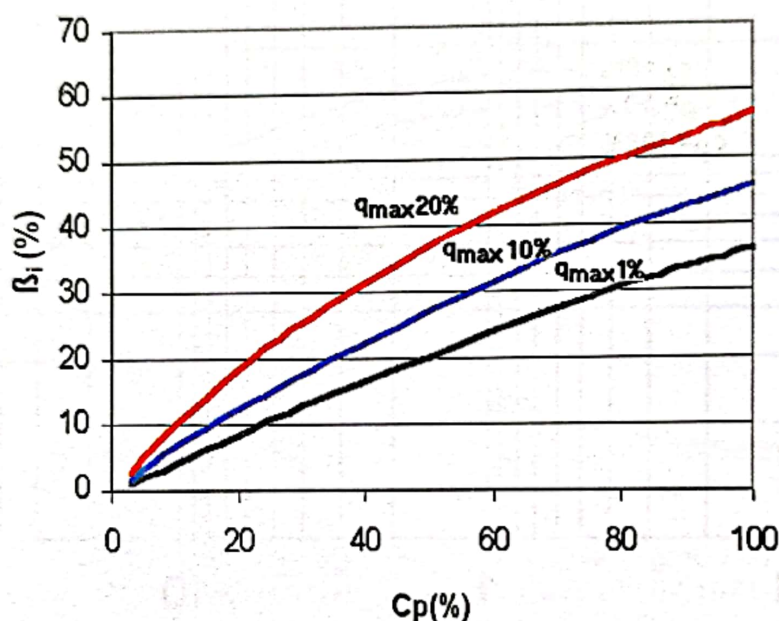


Fig. 9.11. Relația dintre coeficientul de diminuare a debitelor maxime de diverse probabilități de depășire (β_i) și coeficientul de împădurire (Cp).

De asemenea, relațiile obținute pentru diverse probabilități ale debitelor maxime specifice indică faptul că la probabilități mai mari (numeric) diminuarea scurgerii se accentuează în comparație cu valorile determinate pentru probabilitatea de 1%. Explicația constă în faptul că pădurea din zonele împădurite reține în componentele sale – coronament, litieră și mai ales în solul specific pădurii, puternic afânat și cu mare drenaj – cantități mari de precipitații. În mod normal, acestea se resimt mai mult în cazul unor înălțimi reduse ale stratului de precipitații.

După cum se știe, relațiile de tipul $q_{max\ 1\%}-F$ sunt folosite la verificarea verosimilității debitelor maxime, după ce aceste debite au fost determinate și prin alte metode. De obicei, aceste relații sunt unice pentru o anumită zonă hidrografică, neținându-se seama de rolul împăduririi. Relațiile prezentate în figura 9.10 țin să precizeze și acest rol de care trebuie să se țină seama având în vedere în primul rând diferența care există între debitele înregistrate în zonele împădurite în comparație cu debitele înregistrate în cazul celor despădurite, în condiții egale de precipitații.

Coeficientul de scurgere, α , reprezintă de asemenea un parametru important și în cazul scurgerii maxime, în primul rând pentru că este inclus în structura metodelor genetice de calcul al debitelor maxime, în cazul bazinelor mici, necontrolate hidrometric.

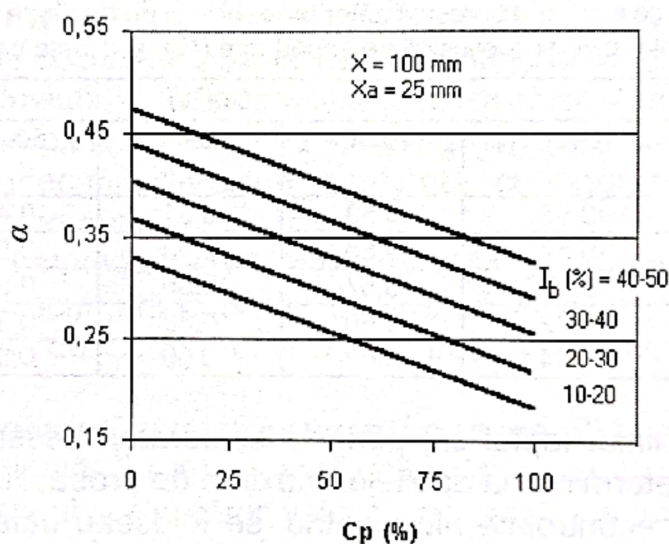
S-au obținut sinteze de tipul $\alpha = f(C_p, X, X_a)$ în care:

C_p (%) este coeficientul de împădurire;

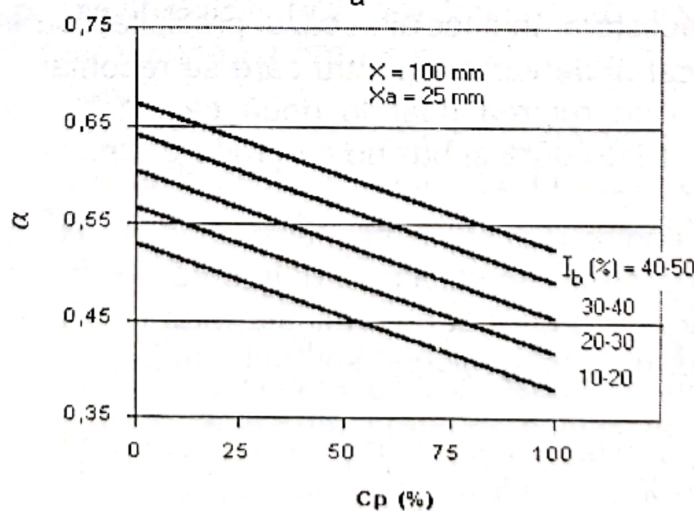
X (mm) – precipitația care a generat scurgerea;

X_a (mm) – cantitatea de precipitații căzută anterior cu 5 zile.

În figura 9.12 se prezintă, spre exemplificare, acest tip de relație, în cazul unor soluri cu textură ușoară (fig. 9.12a) și textură grea (fig. 9.12b), pentru $X=100$ mm și $X_a=25$ mm. Se remarcă faptul că, la aceleași valori ale pantelor bazinale I_b (%), valorile coeficientului de scurgere, α , sunt mai mici cu 30–40% în bazinele total împădurite, în comparație cu valorile α determinate în cazul bazinelor complet despădurite. În consecință, și valorile debitelor maxime vor fi diminuate în proporția menționată.



a



b

Fig. 9.12. Relația $\alpha = f(C_p, I_b)$ pentru soluri având textura: a. ușoară; b. grea.

De acest fapt trebuie să se țină seama la calculul debitelor maxime în bazine mici, în contextul în care coeficientul de scurgere, α , face parte din structura tuturor metodelor genetice de calcul al debitelor maxime de viitură.

Este de subliniat că pentru calculul debitelor maxime de probabilitate 1% în bazine mici, pe baza datelor de la bazinele reprezentative, în cadrul institutului nostru s-au stabilit valorile coeficientului de scurgere pentru ecartul maxim de variație al coeficientului de împădurire: de la 0% la 100%, în concordanță cu cantitatea de precipitații corespunzătoare diverselor zone ale țării, pentru această probabilitate. Aceste valori au fost incluse într-un tabel sinteză care este deosebit de util în practica hidrologică. În tabelul 9.1 se prezintă, spre exemplificare, valorile coeficientului de scurgere în cazul texturii medii a solului, în condițiile variației coeficientului de împădurire de la 0 la 100% și a pantei bazinale de la 5 la 50%.

Tabelul 9.1

Valorile coeficientului de scurgere corespunzător probabilității de depășire 1%, în cazul texturii medii a solului, pentru diverși coeficienți de împădurire (C_p) și diferite pante bazinale (I_b)

$I_b(\%)$	$C_p(\%)$				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
5-10	0,55	0,53	0,51	0,49	0,47
10-20	0,57	0,55	0,53	0,51	0,49
20-30	0,59	0,57	0,55	0,53	0,51
30-40	0,62	0,60	0,58	0,55	0,53
40-50	0,64	0,62	0,60	0,57	0,55

Este de subliniat faptul că, până la elaborarea acestui tabel sinteză (Miță, 1992), la determinarea debitelor maxime de probabilitate de depășire 1%, în bazinele necontrolate hidrometric, se foloseau datele din literatura de specialitate din străinătate, pentru care nu se cunoșteau condițiile de determinare ale acestora, în special în cazul precipitațiilor. În cazul gradului de împădurire, ecartul de variație pentru care se recomandau valorile lui α era foarte larg și se referea doar la două cazuri: bazine cu grade de împădurire mai mari de 80% și bazine cu grade de împădurire mai mici de 80%.

Avantajul valorilor incluse în tabelul propus de noi, adoptat de mai bine de 15 ani în cadrul institutului nostru, îl reprezintă cunoașterea precisă a condițiilor pentru care au fost determinate, atât cele privind precipitațiile cât și ale cadrului natural: geologie, sol, împădurire, condiții specifice țării noastre.

În privința gradului de împădurire, valorile lui α au fost determinate de asemenea pentru limite mult mai restrânse, și anume pentru intervale de variație de 20%, și pentru ecartul maxim de variație a gradului de împădurire, de la bazine complet despădurite ($C_p=0\%$) la cele total împădurite ($C_p=100\%$).

Studiul influenței pădurii asupra scurgerii maxime în general, dar în primul rând asupra debitului maxim și coeficientului de scurgere maxim, pun foarte clar în evidență valorile sensibil mai mici ale acestor parametri, pe măsura creșterii gradului de împădurire.

Dar nu ne putem opri la această simplă constatare. Trebuie subliniat că acest rol de diminuare pe care pădurea îl are asupra scurgerii maxime înseamnă de fapt o diminuare a unor evenimente grave, cum sunt în primul rând inundațiile.

Rolul benefic al pădurii pare și mai evident dacă urmărim comparativ ceea ce se întâmplă în bazinele complet despădurite, unde ploile torențiale declanșează chiar în bazinele mici viituri de mare amplitudine, însoțite în cele mai multe cazuri de inundații cu efecte grave. Ținând seama că bazinele mici sunt componente ale bazinelor hidrografice mari, dacă majoritatea acestora sunt în cea mai mare parte despădurite, prin compunerea undelor de viitură rezultă și pe râurile mari inundații de mari proporții, cu grave repercusiuni pentru localități și economie, în ansamblul acesteia.

Și mai grave sunt situațiile create de viiturile de amplitudine care, datorită eroziunii declanșate pe versanți, conduc la creșterea considerabilă a stocului de aluviuni, cu repercusiuni asupra colmatării rapide a lacurilor de acumulare. În plus, între atâtea situații grave care se petrec în bazinele despădurite, alunecările de teren reprezintă, cu siguranță, efectul cel mai nefericit al ploilor torențiale.

Rezultatele studiilor pun în evidență rolul de diminuare pe care-l are pădurea asupra scurgerii maxime, dar nu exprimă întotdeauna, metaforic vorbind, și rolul de scut pe care pădurea îl exercită în calea ploilor excepționale.

Influența pădurii asupra scurgerii minime. Și în acest caz, influența pădurii este evidentă. Ea a fost analizată atât în cazul cursurilor de apă cu scurgere permanentă, ale căror văi intersectează pânza freatică (existând deci alimentare subterană), cât și în cazul cursurilor de apă care nu intersectează pânza freatică (și care, deci, nu mai beneficiază de alimentare subterană), ceea ce are ca efect lungi perioade de prezență a fenomenului de secare.

Rezultatele cercetărilor au scos în evidență valorile foarte mici ale scurgerii în subbazinele împădurite, mai ales în cazul cantităților mici de precipitații, sub 10–15 mm, când acestea sunt în cea mai mare parte reținute de pădure. Iată de ce, în cadrul scurgerii minime o atenție deosebită a fost acordată analizei fenomenului de secare.

În cazul bazinelor hidrografice mici, de până la 20–30 km², intensitatea fenomenului de secare este deosebit de mare în zonele de joasă altitudine, condiționate în primul rând de cantitățile de precipitații mult mai reduse decât în zona montană. În unele cazuri, intensitatea mai mare a fenomenului de secare se datorează în mare măsură litologiei, mai ales în condițiile în care talvegurile albiilor minore nu mai intersectează pânza freatică.

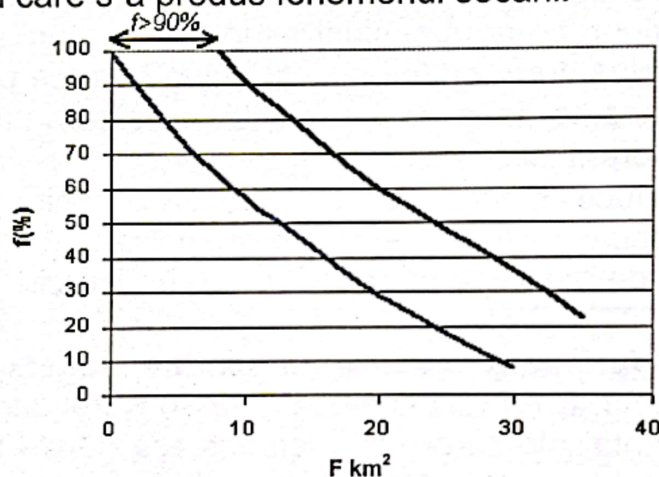
Obiectivul principal al studiului acestui fenomen a fost determinarea caracteristicilor fenomenului de secare în bazine mici și a factorilor care le determină.

Dintre cele mai importante rezultate obținute, amintim stabilirea relațiilor dintre frecvența producerii fenomenului de secare și durata medie multianuală a acestui fenomen, pentru diverse zone hidrografice, în funcție de suprafața bazinală.

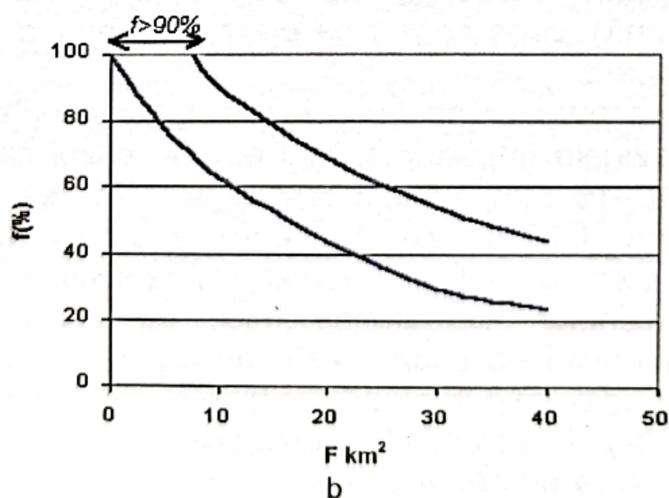
În figura 9.13 se prezintă relațiile între frecvența producerii fenomenului de secare, f (%), și suprafața bazinală, F (km²), în cazul a două zone hidrografice: Podișul Central Moldovenesc și Podișul Transilvaniei. Relațiile s-au obținut pe baza datelor de la bazinele reprezentative Tinoasa-Ciurea și Tutova ($C_p=63\%$), respectiv bazinul reprezentativ Hodoș ($C_p=20\%$). Frecvența fenomenului de secare s-a exprimat sub forma :

$$f = \frac{n}{N} \cdot 100 \quad [\%]$$

unde: N reprezintă numărul de ani ai perioadei de observații, iar n numărul de ani în care s-a produs fenomenul secării.



a



b

Fig. 9.13. Frecvența producerii fenomenului de secare, în funcție de suprafața bazinală, pentru: a. Podișul Central Moldovenesc; b. Podișul Transilvaniei.

După cum se constată, relația pune în evidență faptul că pe cursurile de apă din aceste zone, cu suprafețe mai mici de 10 km^2 , frecvența producerii fenomenului de secare este mai mare de 50%, în timp ce pe cursurile de apă cu suprafețe mai mici de 2 km^2 , frecvența producerii secării depășește 90%.

În figura 9.14 sunt prezentate relațiile între durata medie multianuală cu fenomenul secării, N_s (în zile), și suprafața bazinală, $F(\text{km}^2)$, în cazul zonelor menționate mai sus obținute de asemenea pe baza datelor de la stațiile hidrometrice ale bazinelor reprezentative situate în aceste zone.

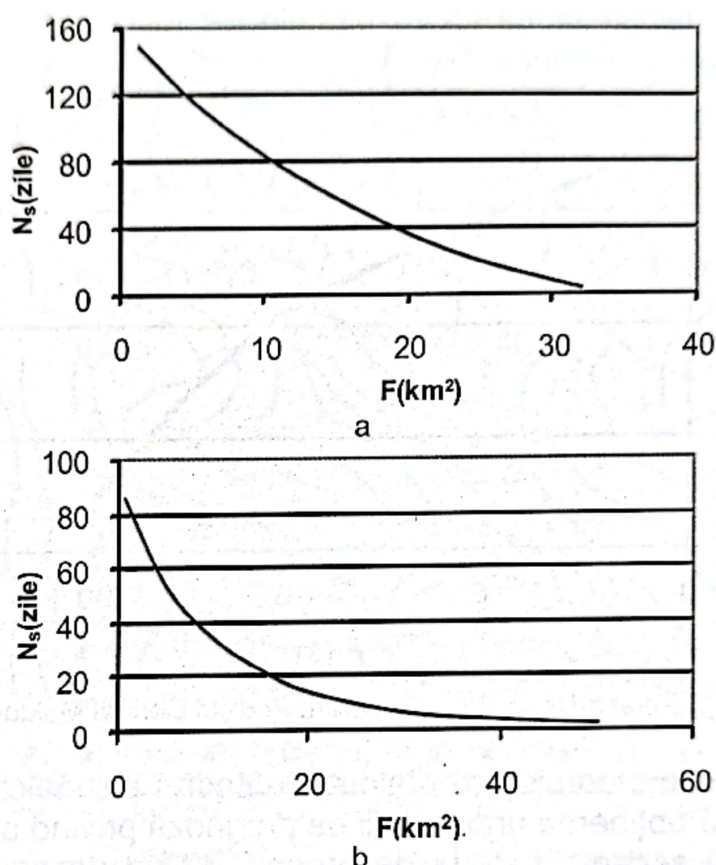


Fig. 9.14. Relațiile între durata medie multianuală cu fenomenul secării și suprafața bazinală, pentru Podișul Central Moldovenesc (a) și Podișul Transilvaniei (b).

Din aceste relații se constată, în cazul suprafețelor mai mici de 10 km^2 , valori ale duratei medii multianuale a fenomenului de secare, N_s , de peste 30 zile în cazul bazinului reprezentativ Hodoș (Podișul Transilvaniei) și de peste 80 zile în cazul Podișului Central Moldovenesc (B.R. Tinoasa-Ciurea și Tutova). La suprafețe mai mici de 5 km^2 , durata medie multianuală, N_s , este și mai mare: de peste 50 zile în cazul B.R. Hodoș și mai mare de 110 zile în cazul B.R. Tinoasa-Ciurea.

Prin stabilirea duratelor maxime fără scurgere, înregistrate în cazul bazinelor mici, a rezultat faptul că un rol important asupra mărimii duratei fenomenului de secare îl are, pe lângă cantitățile de precipitații căzute, și distribuția în timp a precipitațiilor.

În ceea ce privește durata maximă a fenomenului secării, din analizele statistice efectuate a reieșit că, la o probabilitate de 1%, aceasta poate depăși de exemplu 330 zile în cazul bazinelor cu suprafața mai mică de 5 km² din cadrul zonei Podișului Central Moldovenesc și mai mult de 330 zile în cazul bazinelor cu grad mare de împădurire din aceeași zonă (figura 9.15). Astfel, pentru subbazinele Humăria ($C_p=100\%$) și Bolovani ($C_p=0\%$) din cadrul B.R. Tinoasa-Ciurea, numărul de zile cu fenomen de secare (cu probabilitatea de 1%) a rezultat cu 15–16 zile mai mult și respectiv mai mici cu 5-6 zile față de valorile obținute pentru stația de închidere, Tinoasa-Ciurea (330 zile).

Este de subliniat faptul că rezultatele au fost confruntate cu datele privind variația precipitațiilor.

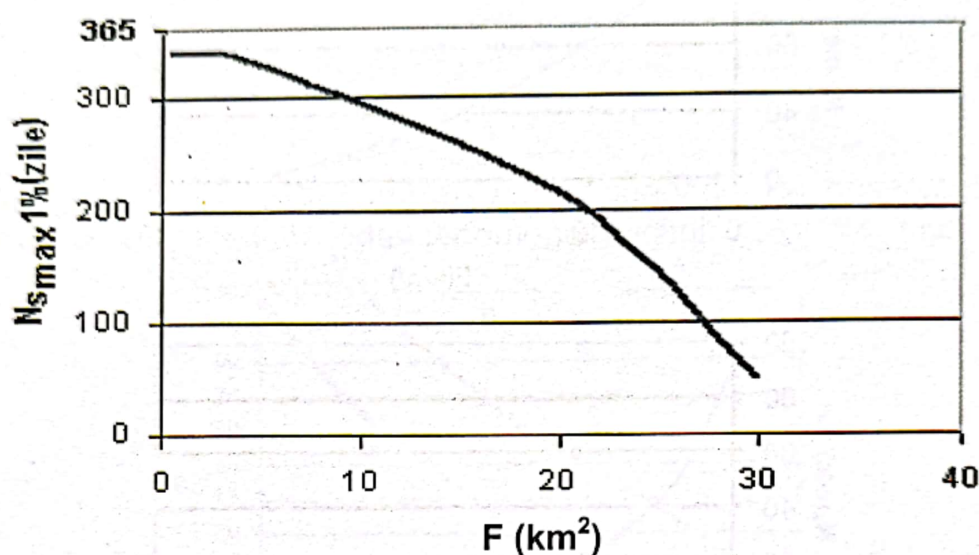


Fig. 9.15. Relația $N_{s_{max1\%}} = f(F)$, pentru Podișul Central Moldovenesc.

Datele hidrometeorologice obținute în cadrul bazinelor reprezentative au făcut posibilă obținerea unor relații de prognoză privind apariția și durata fenomenului de secare, metoda de prognoză fiind de asemenea utilă în practica hidrologică. Aceasta poate fi aplicată nu numai în prognoza fenomenului de secare, dar și în cazul unor râuri care nu seacă. Pentru acestea, se va prognoza un debit minim de mare probabilitate (exemplu 95% sau 97%).

Influența ploii asupra debitelor medii multianuale. Datele din cercetări pun în evidență valori mai mici în bazinele împădurite comparativ cu cele despădurite, în cazul tuturor tipurilor de pădure.

Astfel, pentru subbazinul Bolovani din cadrul bazinului reprezentativ Tinoasa-Ciurea, complet despădurit, valoarea debitului mediu specific multianual a rezultat de $5,92 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (\text{km}^2)^{-1}$ iar în cazul subbazinului Humăria, împădurit 95,4% același indicator hidrologic a rezultat de numai $3,43 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (\text{km}^2)^{-1}$, cu 42% mai mic. Diferențe semnificative între valorile debitelor medii multianuale înregistrate în bazine împădurite și bazine despădurite s-au constatat însă și în alte zone fizico-geografice ale țării.

Cauza o reprezintă, după cum s-a subliniat, valorile mai mari ale scurgerii apei care se înregistrează de regulă în bazinele despădurite în comparație cu cele împădurite, atât în cazul scurgerii maxime cât și a celei minime.

În cazul scurgerii generate de topirea zăpezii. Și pentru acest caz, studiile au pus în evidență anumite aspecte care diferențiază variația scurgerii în bazinele împădurite, comparativ cu cele despădurite.

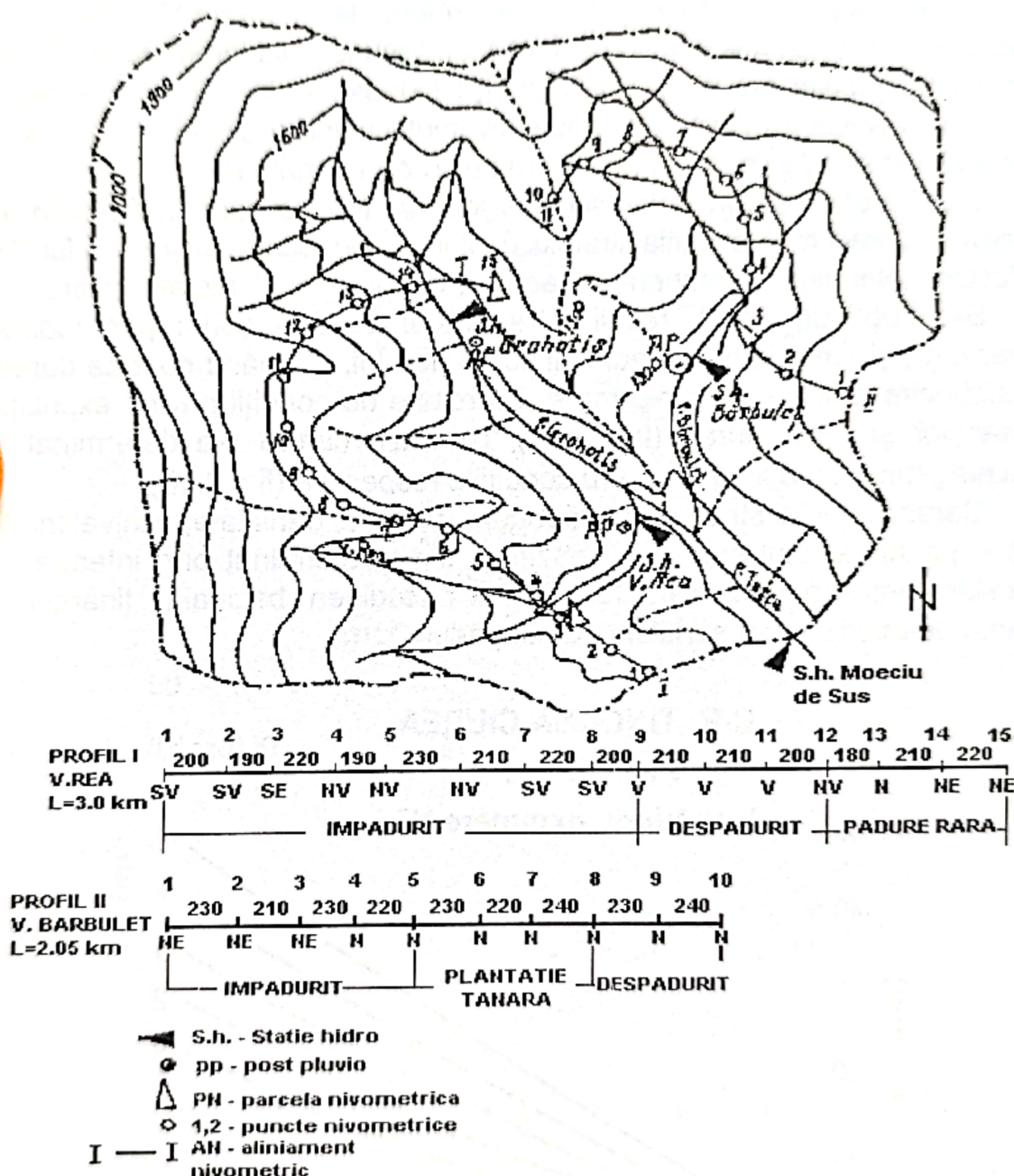


Fig. 9.16. Bazinul reprezentativ Moeciu.

Programele de măsurători nivometrice. Pentru a pune în evidență rolul pădurii asupra variației caracteristicilor stratului de zăpadă-grosime, densitate, echivalent de apă – în majoritatea bazinelor au existat parcele nivometrice, atât în zone împădurite cât și în zone despădurite.

Pe hărțile bazinelor sunt trasate aliniamentele nivometrice, iar în cadrul acestora sunt precizate segmentele ce compun aliniamentele cu caracteristicile lor privind expoziția și împădurirea (fig. 9.16).

Măsurătorile la parcelele nivometrice se efectuează o dată la două zile, iar în perioada de topire a zăpezii chiar zilnic. Pe aliniamentele nivometrice măsurătorile se efectuează la 10 zile, iar în perioada de topire la interval de numai 5 zile.

Trebuie subliniat faptul că, în multe din ierni, la Stâna de Vale grosimile stratului de zăpadă depășesc 2–3 m, obligând muncitorii hidrometri la eforturi deosebite. În multe cazuri, datorită condițiilor deosebit de dificile, aceștia nu pot efectua ansamblul de măsurători nivometrice într-o singură zi în cazul tuturor aliniamentelor, continuând programul în ziua următoare.

Studiile efectuate în domeniul scurgerii din topirea zăpezii. Acestea au precizat în primul rând evoluția stratului de zăpadă – stocare, topire – în funcție de factorii determinanți: temperatura aerului, viteza vântului, radiația solară.

S-au obținut, astfel, relații între stratul de apă cedat prin topirea zăpezii, h_z , și temperatura medie zilnică a aerului, t_z , ținând cont de durata de strălucire a soarelui, într-o mare diversitate de condiții privind expoziția versanților și împădurirea (fig. 9.17), pe baza cărora s-a determinat și indicele „ $\text{mm} \cdot \text{grad}^{-1} \cdot \text{zi}^{-1}$ ” pentru condițiile respective (fig. 9.18).

Caracteristicile stratului de zăpadă – grosime, densitate, echivalent de apă – pe ansamblul suprafeței bazinale s-au determinat prin intermediul relațiilor dintre aceste caracteristici și altitudinea bazinală, ținându-se seama de expoziția versanților și de împădurire.

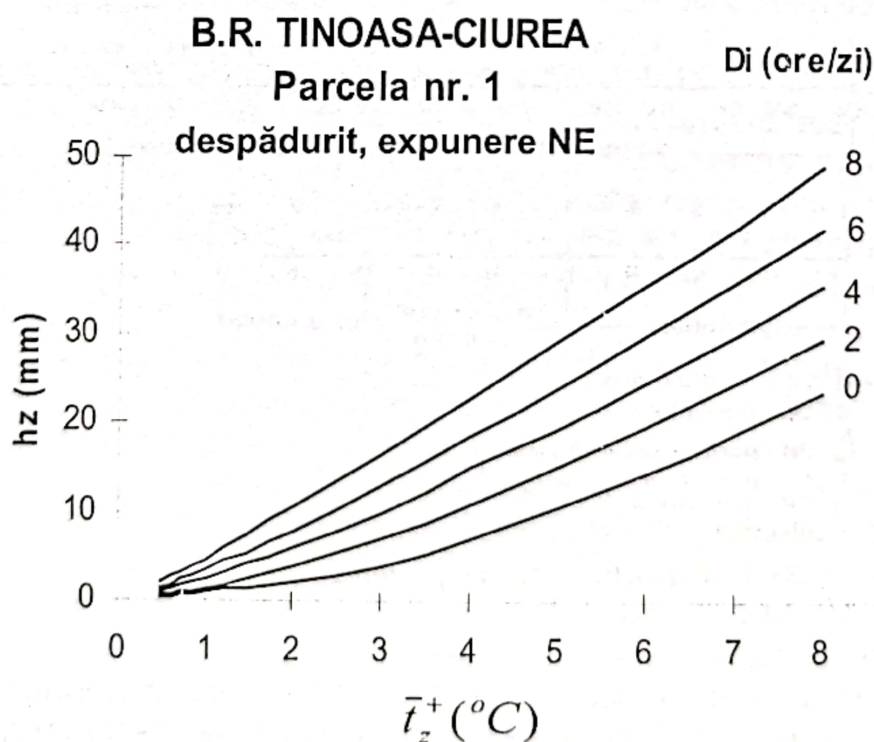


Fig. 9.17

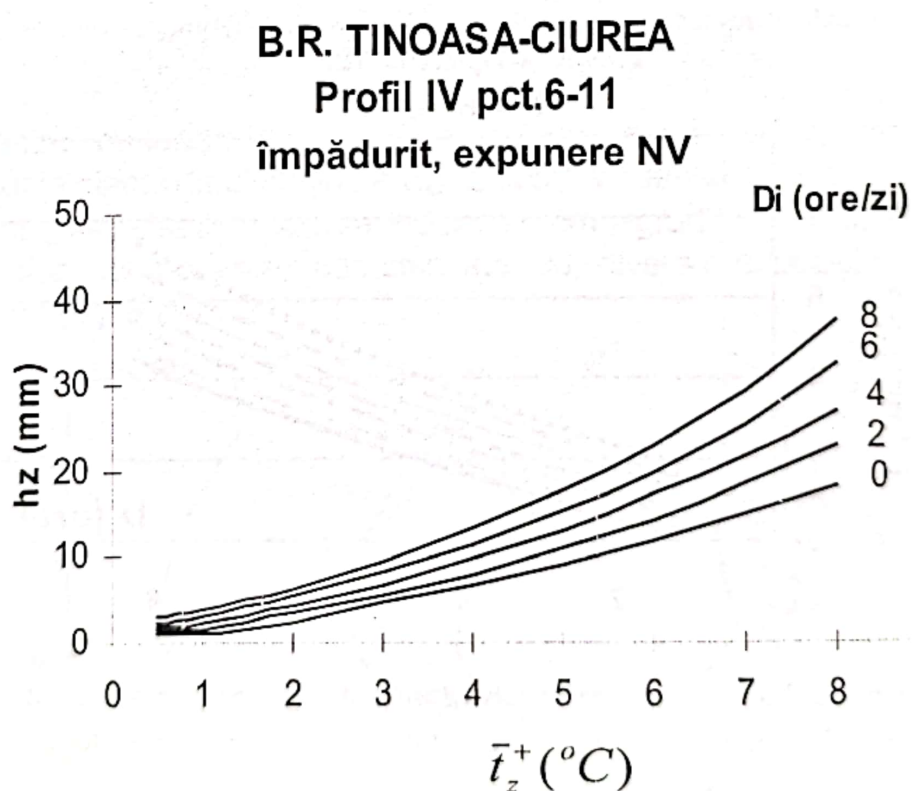
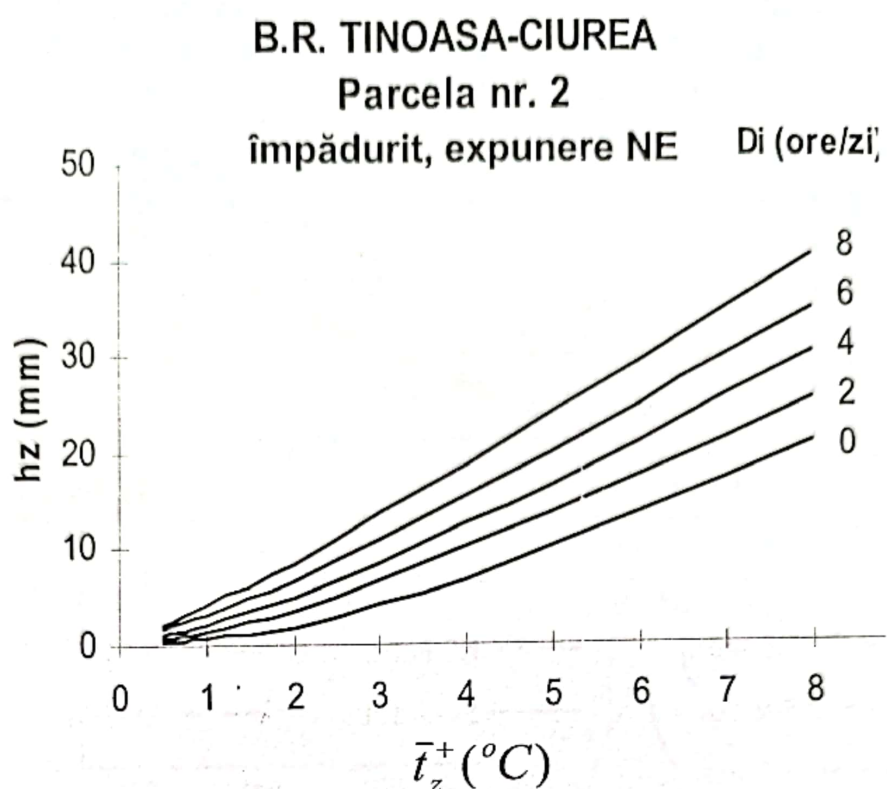


Fig. 9.17. Variația stratului de apă provenit din topirea zăpezii (h_z) în funcție de: temperatura medie zilnică a aerului ($\bar{t}_z^+$), durata de strălucire efectivă a soarelui (D_i), acoperirea solului (împădurit sau despădurit) și expoziție.

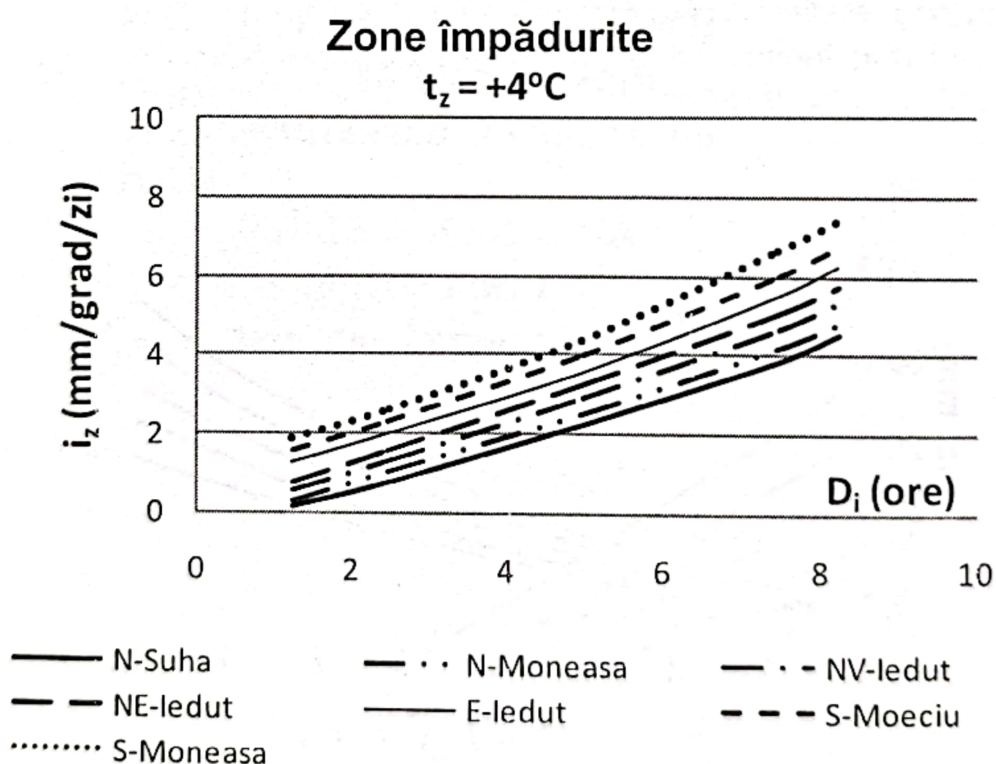
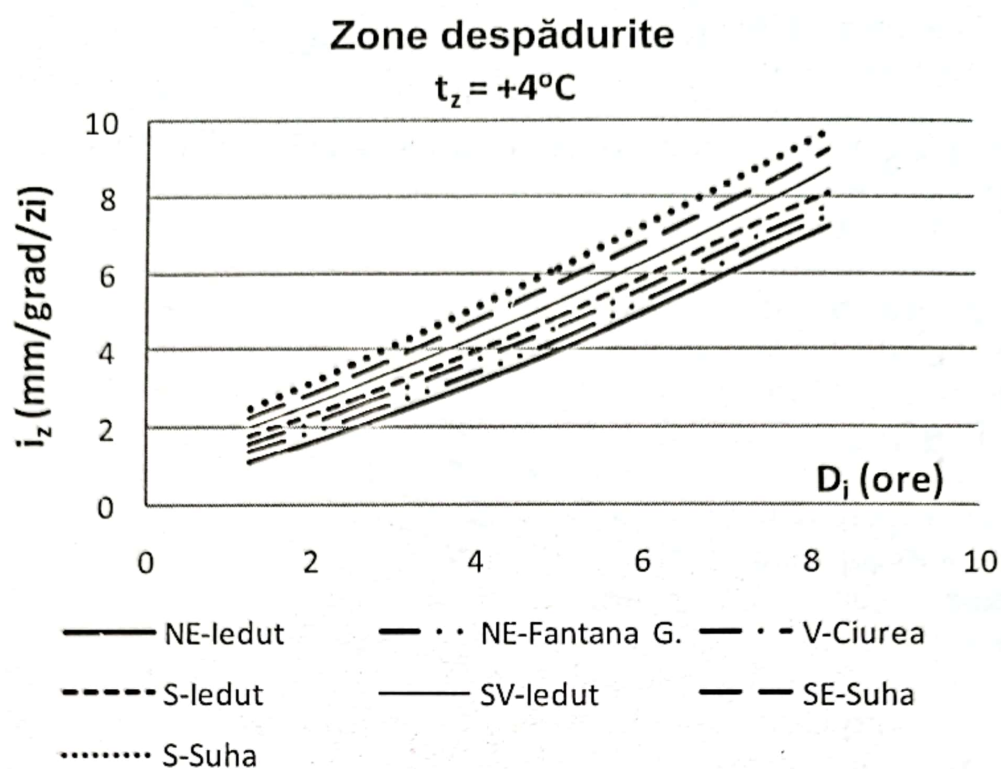


Fig. 9.18. Variația indicelui „ $\text{mm} \cdot \text{grad}^{-1} \cdot \text{zi}^{-1}$ ” în funcție de: temperatura medie zilnică a aerului ($\bar{t}_z^+$), durata de strălucire efectivă a soarelui (D_i), acoperirea solului (împădurit sau despădurit) și expoziție.

Relațiile dintre echivalentul de apă din stratul de zăpadă, E_{az} , și altitudine, H , au indicat o influență nesemnificativă a acestor factori în perioada stocării zăpezii, putându-se astfel trasa și izoliniile acestui parametru pe suprafața bazinului (fig. 9.19).

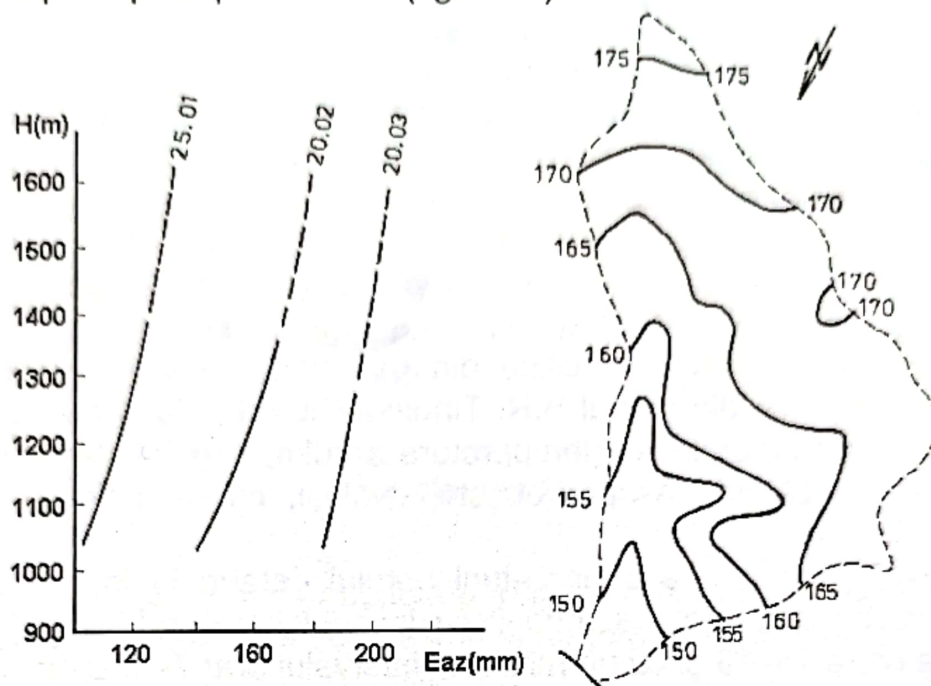


Fig. 9.19. Relațiile $E_{az}=f(H)$ și izoliniile E_{az} în perioada stocării zăpezii. Bazinul reprezentativ Fântâna Galbenă.

Pentru perioada de topire a zăpezii, când nu se mai păstrează dependența strictă de altitudine a E_{az} , datorită influenței sensibile a expoziției și împăduririi, s-a stabilit valoarea indicelui „mm · grad⁻¹ · zi⁻¹” corespunzătoare suprafețelor componente, caracterizate de diverse expoziții și situații de împădurire (fig. 9.20).

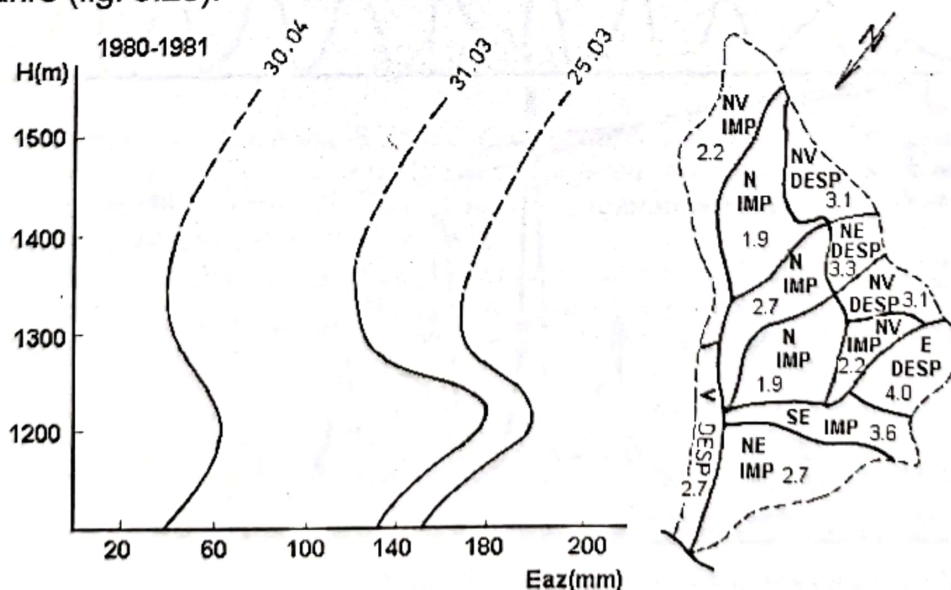


Fig. 9.20. Relațiile $E_{az} = f(H)$ în perioada topirii zăpezii și harta cu valorile lui i_z (mm · grad⁻¹ · zi⁻¹). Bazinul reprezentativ Fântâna Galbenă.

Subliniem faptul că determinarea valorilor unui astfel de indice, i_z ($\text{mm} \cdot \text{grad}^{-1} \cdot \text{zi}^{-1}$), într-o diversitate de condiții privind temperatura aerului, expoziția versanților și împădurirea, este de o mare importanță în elaborarea prognozei scurgerii de primăvară, solicitată cu precădere pentru exploatarea optimă a lacurilor de acumulare.

Realizări recente s-au obținut în studiul viiturilor de origine mixtă, în care elementele undelor de viitură s-au determinat ținând seama, în mod diferențiat, de cantitatea de precipitații lichide și de apa cedată din stratul de zăpadă (Miță *et al.*, 2002).

Viitura înregistrată la bazinul Tinoasa-Ciurea în perioada 22.03.1973–01.04.1973 și generată numai din topirea zăpezii exprimă deosebit de clar câteva aspecte (fig. 9.21); astfel:

- Evoluția debitelor specifice din perioada amintită, înregistrate la stațiile hidrometrice din cadrul B.R. Tinoasa-Ciurea, relevă foarte sugestiv rolul factorilor meteorologici (temperatura aerului) și echivalentului de apă din stratul de zăpadă asupra acestei evoluții, ca de altfel și acela al împăduririi.
- Evoluția diurnă a temperaturii aerului determină în cadrul tuturor subbazinelor o evoluție a scurgerii, cu început între orele 9 și 10, cu un maxim la orele 16–18 și cu un minim în intervalul orar 7–9. Dinamica topirii zăpezii indică o topire mai lentă a acesteia în bazinul împădurit (Humăria), cu repercusiuni asupra debitelor (care sunt mai mici), dar și o continuare, cu câteva zile mai mult, a scurgerii în bazinul Bolovani (despădurit), care-și încetează scurgerea pe data de 01.04.1973, odată cu epuizarea, pe întreaga suprafață a bazinului, a stratului de apă provenit din topirea zăpezii.

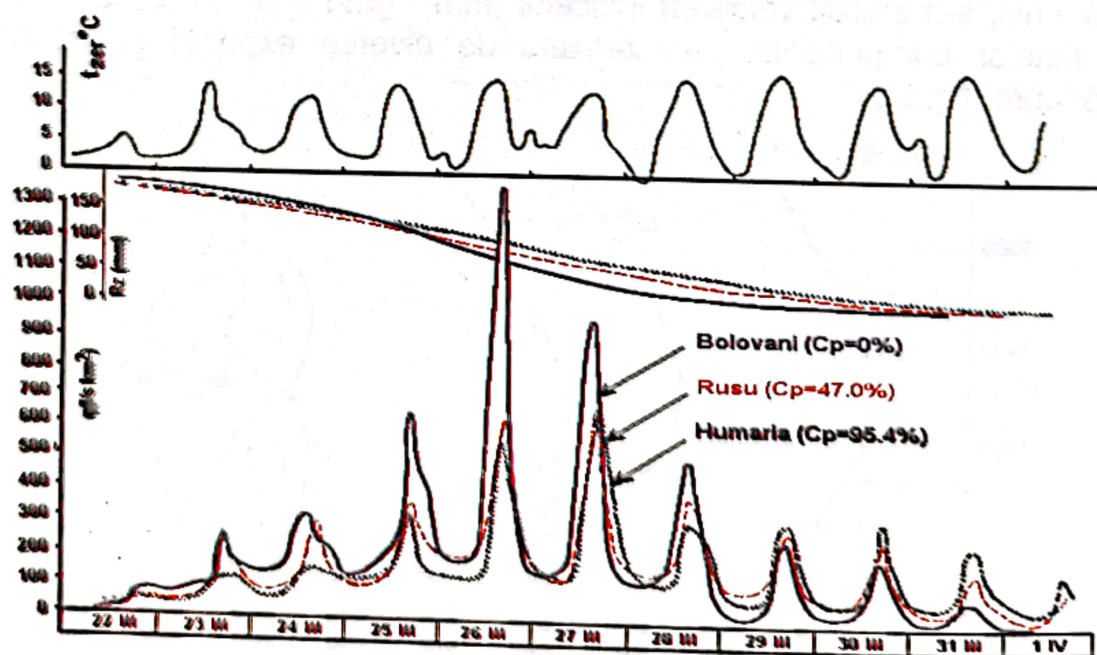


Fig. 9.21. Evoluția debitelor specifice, q în $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (\text{km}^2)^{-1}$, a rezervei de apă din zăpadă (R_z , în mm) și a temperaturii aerului (t_{aer} în $^{\circ}\text{C}$), în cadrul bazinului reprezentativ Tinoasa-Ciurea (anul 1973).

În aceste condiții, pe ansamblul subbazinelor cu grade diferite de împădurire din cadrul bazinului Tinoasa-Ciurea, evoluția scurgerii urmărește destul de fidel evoluția temperaturii aerului.

Cum toate subbazinele se caracterizează printr-o expoziție NE, este evident rolul de diminuare pe care-l joacă pădurea (și) în cazul topirii stratului de zăpadă, cele mai mici valori ale scurgerii apei observându-se în mod evident în cazul subbazinului Humăria, complet împădurit.

Analiza a pus în evidență o asemenea influență, în condițiile în care expoziția versanților este în general aceeași. Mai mult decât atât, elementele care au generat viitura au fost foarte apropiate: evoluția temperaturii aerului a fost practic aceeași, iar valorile echivalentului de apă din stratul de zăpadă au fost apropiate la momentul declanșării viiturii (22.03) în toate cele trei subbazine.

9.4. CONCLUZII

Ansamblul rezultatelor obținute pun în evidență rolul de diminuare pe care pădurea îl are asupra scurgerii în general și asupra scurgerii maxime în special.

Efectul acestei diminuări, în primul rând asupra debitelor de vârf ale viiturilor, înseamnă un obstacol benefic în calea inundațiilor, a eroziunii versanților, a alunecărilor de teren.

Este aceasta și concluzia ce se desprinde din studiile noastre, o concluzie din punct de vedere hidrologic.

Ținând seama însă de rolul benefic complex al pădurii și hidrologiei se pot alătura expresiei: „Pădurea-plămânul verde al planetei”.

BIBLIOGRAFIE

- Abagiu, P., Bumbu, G., Munteanu, S., 1980, *Determinarea parametrilor hidrologici ai pădurii în raport cu modul de gospodărire, scurgerea de suprafață și interceptia în coronament în arborete de fag și molid*, Departamentul silviculturii, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, București.
- Llorents, P., 1994, *Hydrological implications of afforestation in Mediterranean mountainous abandoned lands: findings and questions arisen from the simulation of a small basin water balance*, Ed. Institut de Ciencies de la Terra „Jaume Almera”, Barcelona, Spania, 7 p.
- Miță, P., 1994, *Certain results on the influence of forests upon the surface runoff*, Ed. Institut de Ciencies de la Terra „Jaume Almera”, Barcelona, Spania, 8 p.
- Miță, P., Șimota, M., Ungureanu, V., Mătreacă, Simona, 2002, *Floods of combined origin-rainfall and snow melt – in Romania small catchments*, Proceedings of the 9th ERB Conference, Slovakia, 6 p.
- Miță, P., Mătreacă, Simona, 2004, *Aspecte privind rolul hidrologic al pădurii*. Revista pădurilor, nr. 1, pp. 36-40.
- ***, 1996, *Representative basins in Romania*. Research achievements. National Institute of Meteorology and Hydrology. Scientific elaboration: dr. Pompiliu Miță, 33 p.

THE DIFFERENT ROLE OF THE FOREST IN THE CASE OF THE VARIOUS PHASES OF THE RUNOFF REGIME

ABSTRACT

The study takes into account the timing of the rain – runoff events. It started with the retention analysis of the different amount of precipitations in the trees cornice and continued with the infiltration study in the litter and soil.

Finally, the runoff variation was analyzed as a result of the mentioned elements connection: precipitations, retention in the litter, cornice and soil.

The paper outlines the positive role that the woody areas have on the runoff variation, particularly in the case of floods, when the forest influence is manifested through the retention of the global runoff, but especially of the floods peaks discharges.

The negative role of the forest is emphasized in the case of the prolonged droughts, or in the case of the periods with small amounts of precipitations. The water volumes retained in the cornice, litter and soil lead to a runoff decrease on small rivers, or even to the total lack of it. The high – quality data gathered from the representatives basins which had as an objective the hydrological role of the forest as well, created the possibility to study this problem in different conditions, regarding the variation of the fallen precipitations, and implicit of the runoff variation.

The obtained results are based on the comparative study of the rain – infiltration – runoff addiction, favored by the data existence in basins with different afforestation degrees.

Key words: forest, discharge, diminishing coefficients.

10. METODOLOGIE SIMPLIFICATĂ PENTRU IDENTIFICAREA BAZINELOR GENERATOARE DE VIITURI RAPIDE

RADU DROBOT¹, VIOREL CHENDEȘ²

10.1. INTRODUCERE

O viitură produsă de ploi torențiale poate fi considerată rapidă atunci când sunt îndeplinite următoarele condiții:

- Suprafața bazinului de recepție este mai mică de 200 km²;
- Timpul de concentrare este mai mic de 6 ore;
- Durata ploii torențiale este de maxim 3 ore, fiind de regulă mai mică decât timpul de concentrare al bazinului;
- Viitura este generată de o precipitație torențială care depășește 100 mm.

Formarea viiturilor rapide în bazinele mici este condiționată de procesele care au loc pe versant și pe formațiunile torențiale (ogașe, ravene, torenți), în timp ce producerea inundațiilor în aval de secțiunile de închidere ale bazinelor mici este condiționată nu numai de debitul maxim generat de o ploaie torențială, ci și de capacitatea locală de transport a albiei în zona localităților.

Elementele care favorizează producerea viiturilor rapide pot fi grupate în:

a. *Caracteristici fizico-geografice ale bazinului și rețelei hidrografice:*

- Suprafața bazinului;
- Forma acestuia;
- Panta versanților;
- Panta râului principal;
- Densitatea rețelei de drenaj;
- Acoperirea terenului cu vegetație, în special gradul de împădurire;
- Utilizarea terenului;
- Textura solului, respectiv geologia în cazul în care roca este la zi;
- Capacitatea de înmagazinare a stratului de sol.

¹ Profesor universitar, doctor inginer, Universitatea Tehnică de Construcții, București

² Cercetător științific, gradul III, doctor, Institutul Național de Hidrologie și Gospodăria

Unele dintre aceste caracteristici pot face obiectul unor straturi (layere) GIS, altele pot fi calculate cu ajutorul funcțiilor GIS. Utilizarea GIS este indispensabilă pentru definirea sau calculul elementelor primare care intervin în diversele relații sau modele matematice pentru obținerea debitelor maxime sau a hidrografelor de viitură.

Caracteristicile fizico-geografice influențează: 1. mărimea scurgerii de suprafață (funcția de producție); 2. viteza de concentrare a scurgerii în rețeaua hidrografică (funcția de transfer); 3. deplasarea viiturii către aval (funcția de propagare).

Funcția de producție este puternic dependentă de utilizarea terenului (inclusiv gradul de împădurire) și de textura solului, care determină în ultima instanță capacitatea de înmagazinare a zonei nesaturate. Acești doi factori, la care se adaugă panta versanților și a bazinului, forma acestuia și densitatea rețelei de drenaj, influențează funcția de transfer, iar panta rețelei hidrografice și caracteristicile albiei, funcția de propagare.

b. Factori agravanți (naturali și antropici):

b₁. Factori naturali:

- Umiditatea inițială a solului din bazin;
- Friabilitatea rocilor;
- Existența formelor de eroziune în adâncime.

b₂. Factori antropici:

- Lipsa măsurilor antierozionale și de corectare a formațiunilor torențiale;
- Despăduriri excesive, combinate cu nerespectarea normelor silvice de tăiere sau de depozitare a deșeurilor lemnoase;
- Practici agricole neadecvate;
- Realizarea de construcții sau depozite în imediata vecinătate a malurilor;
- Starea albiei în zona podurilor și podețelor.

Lipsa măsurilor antierozionale și de amenajare a formațiunilor torențiale contribuie la creșterea torențialității și a transportului solid. Friabilitatea rocilor favorizează fenomenele de eroziune din bazin, ceea ce conduce în primul rând la diminuarea capacității de înmagazinare a precipitațiilor la locul unde se produc; transportul solid afectează totodată și capacitatea de tranzit a albiei râurilor. Formele de eroziune în adâncime conduc la concentrarea rapidă a scurgerii de suprafață în rețeaua hidrografică permanentă; în plus, formațiunile torențiale înrăutățesc condițiile de curgere în aval datorită transportului solid pe care îl generează (foto 10.1).

Despăduririle neraționale și practicile agricole neadecvate (arături în lungul liniei de cea mai mare pantă, lipsa terasărilor etc.) au ca efect creșterea coeficientului de scurgere, cu influențe directe atât asupra volumului și debitului maxim al viiturii, cât și al transportului solid.



Foto 10.1. Aluviuni în suspensie în timpul unei viituri rapide. Valea Muscelului, iulie 2005.

Producerea inundațiilor în aval de secțiunile de închidere ale bazinelor mici este condiționată nu numai de debitul maxim generat de o ploaie torențială, ci și de capacitatea de tranzit a albiei. În depresiunile intramontane sau la ieșirea din zona montană, acolo unde s-au dezvoltat așezări omenești, panta râului este relativ redusă, ceea ce conduce la micșorarea vitezei de curgere în raport cu rețeaua hidrografică din amonte. Depunerea materialului solid în aceste zone conduce la înrăutățirea condițiilor de curgere și la creșterea nivelurilor. Fenomenul este deosebit de puternic în timpul viiturilor, care sunt caracterizate prin debite lichide mari și transport târât important (foto 10.2).

Evacuarea debitelor de viitură este de asemenea mult îngreunată în condițiile în care, în zona podurilor, podețelor, subtraversărilor sau supratraversărilor, capacitatea de transport a albiei este diminuată din cauza blocării curgerii cu material târât și plutitori (foto 10.3).

În amonte de aceste obstacole se creează un adevărat lac, al cărui nivel ajunge la un moment dat la cote periculoase. Creșterea nivelului din spatele obstacolului conduce la inundarea zonelor locuite din vecinătate; dacă barajul creat de plutitori cedează brusc, unda de inundație rezultată are un mare potențial distructiv pentru zona din aval. Capacitatea de transport a râului este de asemenea diminuată în zona coturilor și îngustărilor de secțiune sau în cazul acumulării de ghețuri.

Ca urmare, în cazul bazinelor cu caracter torențial în care există așezări umane, menținerea capacității de tranzit a albiei joacă un rol de maximă importanță în prevenirea inundațiilor în zonă. În acest sens, toate construcțiile realizate în imediata vecinătate a malului râurilor (gare, grajduri, anexe gospodărești și alte construcții) sau materialele depozitate în aceste zone trebuie îndepărtate pentru a nu înrăutăți condițiile de curgere la ape mari.

De asemenea, un rol important în generarea inundațiilor și în producerea de distrugerii în zonele locuite îl are modul de exploatare a pădurilor. După 1990, interesul major îl prezintă lemnul masiv, în timp ce părțile secundare ale arborilor sunt abandonate pe versant, sau chiar în albiile pâraielor. Aceste resturi sunt antrenate în timpul precipitațiilor torențiale și se acumulează în secțiunile podurilor, ale îngustărilor de secțiune, sau formează depozite impresionante la confluențe. O astfel de situație s-a produs în timpul viiturii din 20 iunie 2006, care a afectat grav localitatea Târlișua. Pe pârâul Uleasa, s-a înregistrat o creștere de peste 7 m a nivelului, într-o zonă unde o cantitate enormă de material lemnos a fost depusă sub forma unui con de dejecție la confluența cu Valea Izvorului (Cocean, Cocean, 2006).



Foto 10.2. Depuneri de material solid. B.H. Troțuș, 2004.



Foto 10.3. Blocarea deschiderilor la subtraversarea unui drum județean și a căii ferate.
B.H. Troțuș, 2004.

În plus, stocarea materialului lemnos recent exploatat și netransportat din vecinătatea albiilor favorizează antrenarea lui în perioadele de viitură. Ajunse în vale, trunchiurile de arbori exercită un efect distructiv extrem de puternic în aval sau blochează, împreună cu resturile de la exploatările forestiere, secțiunile de curgere ale podurilor și podețelor.

Pentru identificarea bazinelor mici, susceptibile să genereze viituri rapide, se parcurg următoarele etape:

- Trierea preliminară (§ 10.2);
- Diagnoza prin metode simplificate (§ 10.3);
- Cuantificarea caracterului torențial (§ 10.4).

10.2. TRIEREA PRELIMINARĂ A BAZINELOR SUSCEPTIBILE DE A GENERA VIITURI RAPIDE

10.2.1. METODA PRECIPITAȚIEI MAXIME ORARE NETE

Se utilizează ca elemente de prelucrat în GIS următoarele hărți în format digital:

a. Zonarea precipitației maxime orare cu probabilitatea de depășire de 1%;

b. Zonarea coeficientului de scurgere α corespunzător ploii cu probabilitatea de depășire de 1%; coeficientul de scurgere α se determină funcție de acoperirea terenului și pantă, conform metodologiilor în vigoare (Miță, 1996; INMH, 1997).

Prin suprapunerea informațiilor din cele două layere rezultă zonarea ploii orare nete cu probabilitatea de depășire de 1% pe întreg teritoriul țării. Utilizând o expresie simplificată a formulei redukționale, se obține debitului maxim corespunzător. Simplificarea amintită anterior constă în aproximația:

$$0,28 \frac{F}{(F + 1)^m} \cong 0,28 \sqrt{F}$$

unde F este suprafața bazinului hidrografic. Se recomandă ca această abordare să se limiteze la bazine cu o suprafață maximă de 100 km².

Comparând debitul maxim generat de ploaia maximă orară cu probabilitatea de depășire de 1% cu debitul maxim care poate fi transportat prin albie în zona localităților se obține o primă informație asupra bazinelor susceptibile de a genera viituri rapide cu efecte grave. Pentru aceste bazine urmează a se efectua ulterior analize detaliate, privind atât ploaia generatoare cât și formarea, respectiv propagarea viiturilor prin albie.

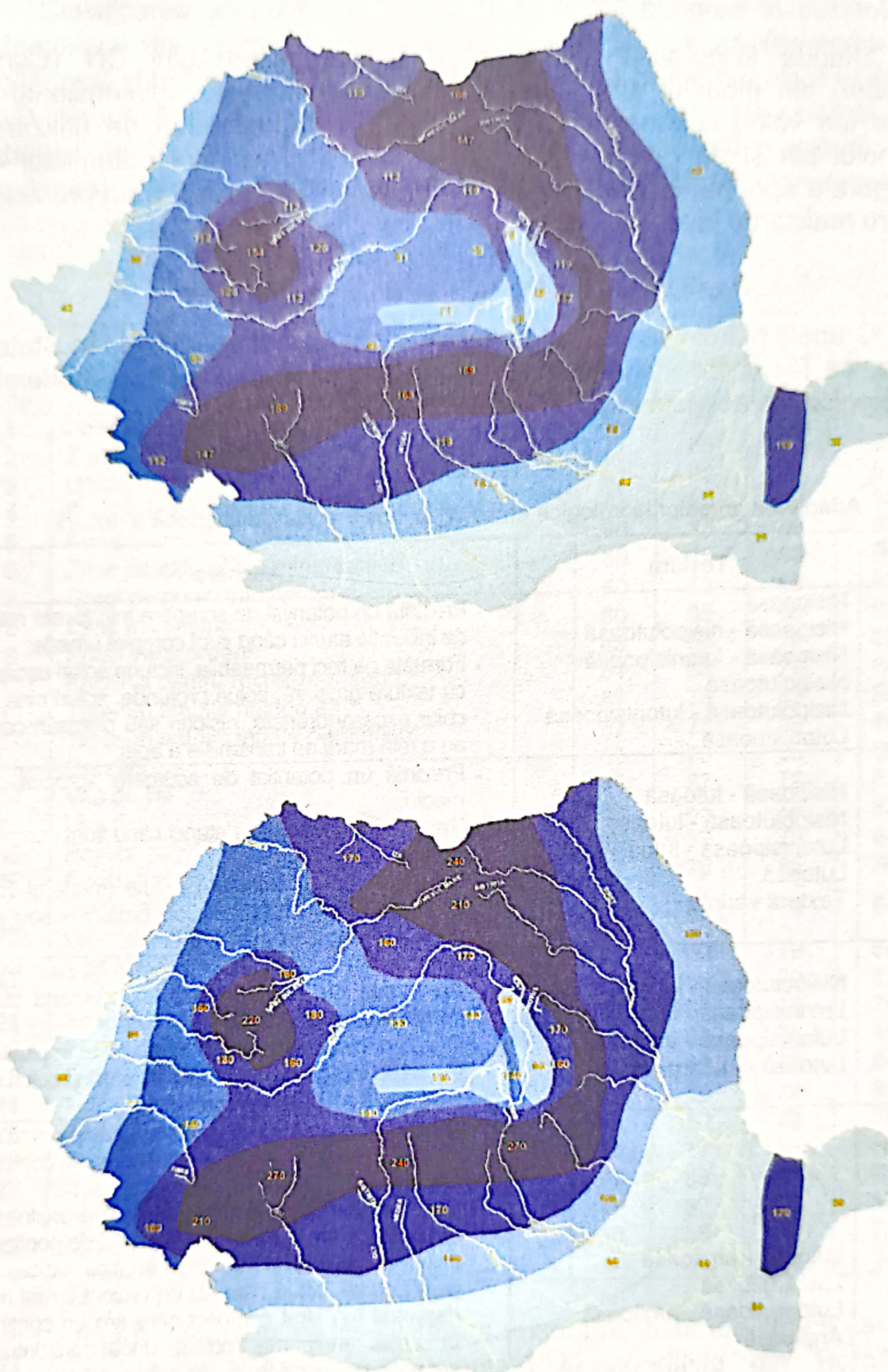


Fig. 10.1. Zonarea debitelor maxime generate de ploaia orară cu probabilitatea de depășire de 1%: a. bazine cu suprafața $F = 50 \text{ km}^2$; b. bazine cu suprafața $F = 100 \text{ km}^2$.

10.2.2. METODA FIZIOGRAFICĂ

Metoda fiziografică are la bază utilizarea indexului CN (*Curve Number*) din modelul american SCS. Indexul CN este adimensional și poate lua valori cuprinse între 0 și 100. CN depinde atât de utilizarea terenului cât și de grupa hidrologică a solului și reflectă potențialul de scurgere a apei pe diferite terenuri. În continuare, se prezintă un procedeu pentru realizarea layerului GIS conținând valorile indexului CN.

Realizarea layerului CN „Curve Number”

Grupele hidrologice de soluri (tabelul 10.1) sunt larg utilizate în Statele Unite, ca factor de influență majoră a scurgerii în majoritatea modelelor hidrologice din această țară.

Tabelul 10.1

Adaptarea grupelor hidrologice de soluri la clasificarea românească a texturii

Grup a	Textura	Descriere
A	Nisipoasă Nisipoasă - nisipolutoasă Nisipoasă - lutoisipoasă Nisipolutoasă Nisipolutoasă - lutoisipoasă Lutoisipoasă	• Prezintă un potențial de scurgere mic și rate mari de infiltrație atunci când sunt complet umede; • Formate pe roci permeabile, include soluri ușoare cu textură grosieră, soluri profunde, soluri bine și chiar excesiv drenate, nisipuri sau pietrișuri care au o rată mare de transmisie a apei.
B	Nisipoasă - lutoasă Nisipolutoasă - lutoasă Lutoisipoasă - lutoasă Lutoasă Textură variată	• Prezintă un potențial de scurgere apropiat de mediu; • Rată de infiltrație medie atunci când sunt complet umede; • Include soluri cu o textură medie (moderat fină spre moderat grosieră), soluri profunde sau cu adâncimi medii, soluri bine drenate.
C	Nisipolutoasă - lutoargiloasă Lutoisipoasă - lutoargiloasă Lutoisipoasă - argiloasă Lutoasă - lutoargiloasă	• Au potențial de scurgere puțin peste medie; • Au o rată de infiltrație mică atunci când sunt complet umede; • Constau din soluri cu un strat care împiedică mișcarea descendentă a apei pe profil și soluri cu o structură moderat fină spre fină.
D	Lutoasă - argiloasă Lutoargiloasă Lutoargiloasă - argiloasă Argiloasă	• Au cel mai mare potențial de scurgere și o rată de infiltrație foarte mică atunci când sunt complet umede; • Sunt formate în primul rând din soluri argiloase, cu textură grea, cu un mare potențial de gonflare, soluri cu un nivel al apei freatice ridicat în permanență, soluri care au un orizont iluvial mai dezvoltat (un strat compact care are un conținut în argilă mult mai ridicat decât orizonturile superioare ale profilului de sol), sau soluri care prezintă chiar un strat argilos la suprafață sau în apropiere. De asemenea, include și solurile puțin adânci, situate peste un material aproape impermeabil.

Clasificarea solurilor (tabelul 10.2) a urmărit punerea în evidență a potențialului de scurgere al acestora. Funcție de textură (proportia de argilă, praf și nisip), solurile au fost clasificate în 4 grupe hidrologice: A, B, C, D. Grupa A cuprinde soluri cu textură grosieră, care au cel mai mic potențial de scurgere, în timp ce solurile din clasa D au o textură fină (argiloasă), având potențial de scurgere maxim, respectiv infiltrație minimă.

Tabelul 10.2
Valorile coeficientului CN

Utilizarea terenului		Valoarea CN pentru grupele hidrologice de soluri			
Cod	Denumire	A	B	C	D
1	Zone urbane continue	85	89	92	98
2	Zone urbane discontinue	77	85	90	95
3	Unități industriale sau comerciale	81	88	91	93
4	Rețele de transport și spații asociate	83	89	92	93
5	Aeroporturile	80	85	88	93
6	Zone de extracție a minereurilor	80	85	88	93
7	Gropi de gunoi sau halde	80	85	88	93
8	Zone în construcție	80	85	88	93
9	Spații verzi urbane	48	66	76	82
10	Facilități pentru recreere și sport	51	68	79	84
11	Terenuri arabile neirigate	67	78	85	89
12	Terenuri arabile irigate permanent	67	78	85	89
13	Orezării	67	78	85	89
14	Viță de vie	46	67	78	83
15	Livezi	43	65	76	82
16	Pașuni	49	69	79	84
17	Agricultură complexă	67	78	85	89
18	Terenuri agricole, cu o importantă pondere a vegetației naturale	52	69	79	84
19	Terenuri agro-forestiere	52	69	79	84
20	Păduri de foioase	42	66	79	85
21	Păduri de conifere	34	60	73	79
22	Păduri de amestec	38	62	75	81
23	Fânețe naturale	49	69	79	84
24	Tufișuri și arbuști subalpini	49	69	79	84
25	Areale de tranziție pădure – tufișuri (arbuști)	45	60	73	78
26	Plaje, dune, grinduri	63	77	85	88
27	Rocă la zi	77	86	91	94
28	Zone cu vegetație dispersată	72	82	83	87
29	Turbării	30	58	71	78
30	Cursuri de apă și lacuri	–	–	–	–

Sistemul românesc de clasificare a texturii nu este identic cu cel din SUA, această clasificare fiind adaptată la condițiile din România (Chendeș, 2007), prin utilizarea claselor de textură practicate de ICPA (Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie). În tabelul 10.1 sunt prezentate cele 4 grupe hidrologice de soluri și texturile corespunzătoare.



Valorile CN variază direct proporțional cu potențialul de scurgere și invers proporțional cu coeficientul de infiltrație, având valori maxime pentru clasa de soluri D sau pentru spațiile urbane, impermeabilizate. Clasificarea și atribuirea de valori indexului CN a fost adaptată și realizată (Chendeș, 2007) atât pe baza manualelor USDA, cât și a altor clasificări existente în literatura internațională (Hong, Adler, 2007; Hong *et al.*, 2007). Pentru stabilirea valorilor specifice României s-a utilizat stratul tematic „Corine Land Cover 2000”, realizat de către INCD „Delta Dunării” Tulcea.

Realizarea layerului CN constă în parcurgerea următorilor pași:

1. Se creează pentru *Corine Land Cover* un câmp care conține codurile din tabelul valorilor CN (tabelul 10.2).

2. Următorul pas constă în reuniunea acestuia („*Union Features*”) cu layerul solurilor, care conține deja un câmp de atribute pentru grupele hidrologice; se obține astfel o nouă temă de tip poligon, segmentată la intersecția elementelor celor două teme. Fiecare nou poligon caracterizează o anumită utilizare a terenului și un anumit tip de sol.

3. Pe baza celor două coduri (utilizare teren și grupa de sol) se creează un nou cod care identifică o combinație unică utilizare teren/tip de sol („cod utilizare”_ „cod grupă sol”).

4. În MS Excel se creează un fișier *.dbf care conține același cod și valoarea CN corespunzătoare.

5. În final, tabelul temei GIS rezultată din reuniune (pasul 2), precum și tabelul Excel (pasul 4), sunt legate („*Joint*”), realizând astfel harta valorilor CN, de tip vector.

6. Layerul CN de tip vector este transformat într-un layer de tip grid, ceea ce permite calculul mai ușor al valorilor medii CN la nivel de bazine hidrografice mici.

Prezentarea metodei fiziografice

Se utilizează ca elemente de prelucrat în GIS următoarele hărți în format digital:

- a. Acoperirea (utilizarea) terenului;
- b. Zonarea tipurilor de sol.

În continuare, se parcurg următoarele etape:

1. Prin suprapunerea informațiilor din cele două layere și prelucrări elementare se obține harta digitală a indicelui (*Curve Number*) din modelul SCS.

2. Pentru un bazin dat, indexul global se obține conform metodologiei prezentate anterior sau ca medie ponderată cu suprafețele parțiale F_i , având indicii CN_i .

3. Se calculează capacitatea de înmagazinare S din relația:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right).$$

4. Pe baza acestor elemente se determină timpul de întârziere T_L (T-lag), definit ca timpul care trece între centrul intervalului ploii și momentul în care se produce vârful viiturii, cu relația (US Department of Agriculture, 1997):

$$T_L = (3,28084 \cdot L)^{0,8} \cdot \frac{(S+1)^{0,7}}{1900 \sqrt{I_B}}$$

unde: T_L este timpul de întârziere în ore;

L – lungimea albiei principale în m;

I_B – panta medie a bazinului în %.

Se menționează că atât L cât și I_B se obțin pe bază de prelucrări GIS, utilizând hărți la o scară adecvată.

5. Se calculează timpul de concentrare T_C (cel mai mare timp în care o picătură de apă care cade în bazin ajunge la ieșirea din acesta sau timpul care trece între sfârșitul ploii și producerea punctului de inflexiune pe curba descendentă a hidrografului) cu relația:

$$T_C = 1,67 T_L$$

6. Se identifică bazinele cu $T_C \leq 6$ ore;

7. Bazinele astfel identificate pot fi suprapuse peste cele identificate în cadrul metodei precedente, reținând pentru analize detaliate doar pe cele care se regăsesc în ambele metode.

Evident, și această procedură are un caracter aproximativ, fiind utilizată pentru triere preliminară.

10.3. DIAGNOZA PRIN METODE SIMPLIFICATE

10.3.1. METODA ESTIMĂRII PRECIPITAȚIILOR PRAG

Pentru bazinele reținute la selectarea preliminară, în zona localităților se parcurg următorii pași:

1. În lungul râului, în localitate, se stabilesc pe bază de măsuratori hidrologice expediționare, chei limnimetrice, care se prelungesc prin procedeul hidraulic în zona debitelor maxime.

2. Pentru fiecare secțiune $i (i = \overline{1, n})$, din cheile limnimetrice corespunzătoare se determină următoarele perechi de valori:

$$\{(H_{mi}; Q_{mi}); (H_{mi} + 1; Q_{1i}); (H_{mi} + 2; Q_{2i}); (H_{mi} + 5; Q_{5i})\}$$

unde: H_{mi} reprezintă cota absolută corespunzătoare poziției malurilor în secțiunea curentă i ; dacă malurile au cote diferite, se va considera valoarea minimă a celor două valori.

Q_{mi} – debitul de umplere al albiei minore din secțiunea i ;

Q_{1i} , Q_{2i} și Q_{5i} – debitele corespunzătoare unor niveluri cu peste 1 m, 2 m și 5 m în raport cu cota malurilor (sau celui mai jos mal) din secțiunea curentă; se admite implicit că în zona localităților nu vor exista creșteri de nivel mai mari de 5 m în raport cu cota malurilor.

3. Corespunzător debitelor $Q_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{1i}$, $Q_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{2i}$ și

$Q_5 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{5i}$, în fiecare secțiune i se obțin cotele $h_{1i} = h_i(Q_1)$,

$h_{2i} = h_i(Q_2)$ și $h_{5i} = h_i(Q_5)$.

4. Pe baza cotelor h_{1i} , h_{2i} și h_{5i} se delimitează pe hartă zonele inundate corespunzătoare, având suprafețele F_1 , F_2 și F_5 .

5. În sfârșit, pe baza aceluiași cote, din Modelul Numeric al Terenului (determinat pe baza curbelor de nivel din hărțile existente), se obține harta adâncimii apei din zonele inundate.

6. Se recomandă să se facă și o evaluare aproximativă a mărimii pagubelor în funcție de adâncime (Oprișan, 2006).

7. Corespunzător debitelor Q_1 , Q_2 și Q_5 , utilizând modele simplificate (de exemplu formula reduțională și coeficientul de scurgere corespunzător ploii cu probabilitatea de depășire de 1%) se determină ploaia orară care a generat aceste debite.

8. Utilizând coeficienți de trecere de la ploaia orară la alte durate D_k se determină valori ale precipitației, care odată depășite pot conduce la viituri rapide. Aceste *valori prag*, la care se adaugă valoarea precipitației orare, vor fi folosite pentru *alarmarea populației și autorităților* în caz de precipitații torențiale. Se recomandă ca valorile astfel obținute ale precipitațiilor să fie testate în cadrul unor modele cu parametri distribuiți sau semidistribuiți (programele POTOP sau UNDA) pentru a evalua efectiv debitele generate.

Parcursul pașilor anteriori (fig. 10.2) conduce la determinarea unei legături între debitele de inundabilitate Q_1 , Q_2 respectiv Q_5 , suprafața inundată, adâncimile corespunzătoare, pagube posibile și mărimea precipitațiilor prag care generează aceste consecințe.

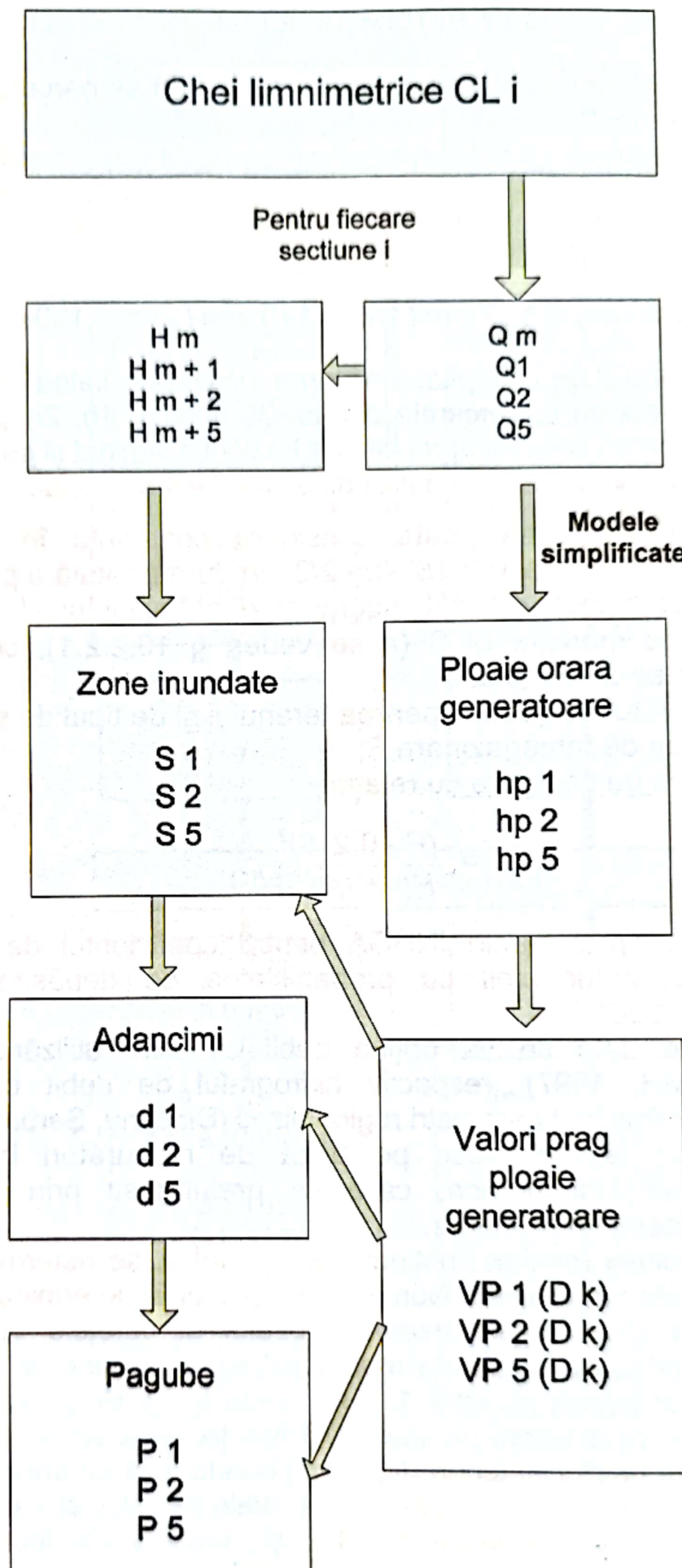


Fig. 10.2. Bloc diagrama Metodei de estimare a precipitațiilor prag.

Pentru bazinele reținute la selectarea preliminară se parcurg următorii pași (tabelul 10.3):

1. Se alege mărimea precipitației generatoare de viituri rapide:

a. Fixând anumite valori prestabilite, indiferent de localizarea bazinului pe teritoriul țării, se propun următoarele valori prag ale precipitației P :

{ 100 mm / 30 minute; 120 mm / 1h; 140 mm / 2h; 150 mm / 3h }

b. Calculând doar precipitația maximă cu probabilitatea de depășire de 1% pentru următoarele durate: 30 minute; 1h; 2h și 3h de la stația meteo cea mai apropiată de bazinul examinat și pe cât posibil de altitudine apropiată de altitudinea medie a bazinului.

2. Intensitatea ploii se poate considera constantă în timp sau triunghiulară, cu maximum la 1/3; 1/2 sau 2/3 din durata totală a ploii.

3. Se stabilește coeficientul de scurgere α al bazinului:

a. Utilizând modelul SCS (a se vedea § 10.2.2.1), cu ajutorul căruia se determină:

- Indexul CN, funcție de acoperirea terenului și de tipul de sol;
- Capacitatea de înmagazinare S ;
- Coeficientul de scurgere cu relația:

$$\alpha = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P(P + 0,8 \cdot S)}$$

b. Utilizând prelucrările INHGA pentru coeficientul de scurgere corespunzător ploii cu probabilitatea de depășire de 1% (Miță, 1996).

4. Cu aceste date se va obține debitul maxim utilizând formula reduțională (INMH, 1997), respectiv hidrograful de debit cu ajutorul hidrografului unitar folosind parametri regionalizați (Diaconu, Șerban, 1994).

5. În localități se stabilesc pe bază de măsurători hidrologice expediționare chei limnimetrice, care se prelungesc prin procedeul hidraulic în zona debitelor maxime.

6. Pentru debitele maxime, obținute la punctul 4, se determină cotele corespunzătoare, iar din Modelul Numeric al Terenului (determinat pe baza curbelor de nivel din hărțile existente) rezultă suprafețele inundate și adâncimea. Pe harta digitală se va marca extinderea acestora, precum și regimul adâncimilor (sub 1 m, între 1–2 m, peste 2 m). Se poate face și o evaluare aproximativă a valorii pagubelor în funcție de adâncime (Oprisan, 2006). Parcurgerea pașilor anteriori (fig. 10.3) conduce la determinarea unei legături între valorile prag ale precipitațiilor sau valorile calculate ale acestora pentru probabilitatea de depășire de 1% și debitele de inundabilitate, suprafața inundată, adâncimile corespunzătoare, la care se adaugă eventual pagubele posibile.

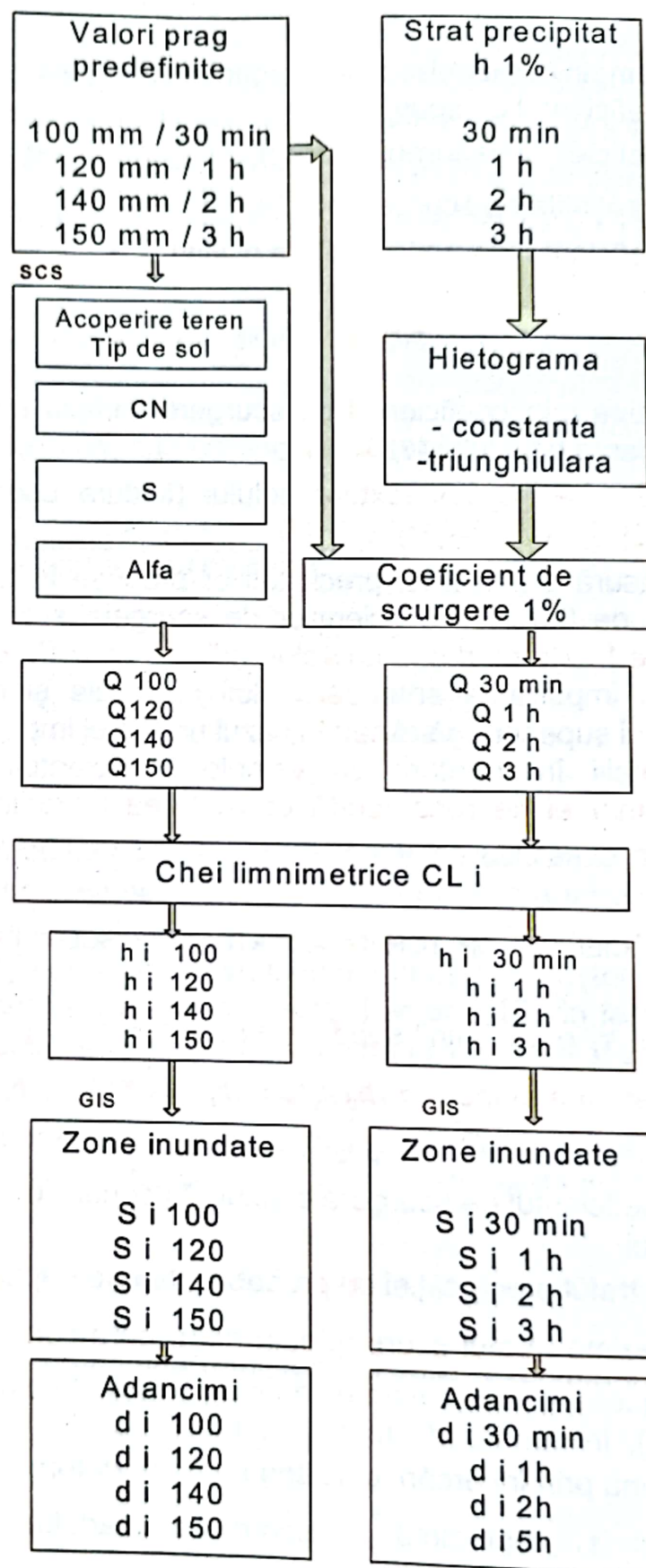


Fig. 10.3. Bloc diagrama Metodei genetice.

10.4. CUANTIFICAREA CARACTERULUI TORENȚIAL

Drept parametri caracteristici ai scurgerilor torențiale se consideră:

- coeficientul de scurgere α ;
- coeficientul de torențialitate a scurgerii lichide τ_l ;
- torențialitatea scurgerii solide τ_s ;
- coeficientul de pericolozitate al viiturii π .

10.4.1. COEFICIENTUL DE SCURGERE

Pentru bazine mici coeficientul de scurgere variază între 0,35 – 0,80, fiind funcție de panta bazinului (I_b %), acoperirea terenului și, în mod special, gradul de împădurire (C_p %), textura solului (textura ușoară, medie sau grea), precum și de valoarea API (*Antecedent Precipitation Index*), care reprezintă o măsură a influenței precipitațiilor produse în zilele anterioare. Valori mai mari de 0,8 ale coeficienților de scurgere sunt posibile pentru terenuri cu pante foarte mari sau cu valori ridicate ale API, care pot surveni după precipitații importante anterioare ploii torențiale și care conduc la saturarea stratului superior de sol sau în cazul unor roci impermeabile la zi.

Pentru detalii în legătură cu valorile coeficientului de scurgere în condițiile României se recomandă consultarea lucrărilor: Miță (1996); INMH (1997).

10.4.2. COEFICIENTUL DE TORENȚIALITATE τ_l A SCURGERII LICHIDE

Coeficientul τ_l este definit sub forma raportului:

$$\tau_l = \frac{\alpha \cdot h_{p1\%}}{h_{prag}} = \frac{h_{net1\%}}{h_{prag}}$$

unde: α este coeficientul de scurgere a viiturii în condiții de umiditate medie a bazinului

$h_{p1\%}$ este stratul precipitației cu probabilitatea de depășire de 1%;

h_{prag} reprezintă stratul scurs (ploaia netă) care conduce la formarea debitului de umplere a albiei minore (definit conform Ordinului nr. 326 din 12 martie 2007), în condiții de umiditate medie a bazinului; mărimea lui h_{prag} se determină prin încercări, utilizând modelul Potop sau Mike SHE.

Coeficientul τ_l reprezintă o măsură a gradului de depășire a capacității de transport a albiei și permite compararea bazinelor torențiale, conducând la ierarhizarea acestora în ceea ce privește gradul de pericol pe care îl reprezintă pentru localitățile din aval.

10.4.3. COEFICIENTUL DE PERICULOZITATE π AL VIITURII

Coeficientul de periculozitate π al viiturii este direct proporțional cu Δh (diferența între nivelul maxim din râu din timpul viiturii și nivelul anterior producerii acesteia) și ΔQ (diferența între debitul maxim și debitul anterior producerii viiturii), respectiv invers proporțional cu t_{cr} (timpul de creștere al viiturii, adică timpul în care se realizează saltul de debit ΔQ). Ca urmare, în expresia lui π va interveni raportul $\frac{\Delta h \cdot \Delta Q}{t_{cr}}$.

Utilizând pentru normalizare valoarea raportului $\left(\frac{\Delta h \cdot \Delta Q}{t_{cr}}\right)_{\max}$ corespunzător celei mai severe viituri rapide înregistrate în țară, coeficientul π de periculozitate a viiturii va avea expresia:

$$\pi = 10 \cdot \frac{\lg \frac{\Delta h \cdot \Delta Q}{t_{cr}}}{\lg \left(\frac{\Delta h \cdot \Delta Q}{t_{cr}} \right)_{\max}}$$

Datorită faptului că în expresiile lui π se utilizează atât la numărător cât și la numitor aceleași mărimi, nu este necesară introducerea factorilor de transformare a unităților de măsură în vederea omogenizării acestora. Ca atare, variația debitului se va exprima în $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, creșterea de nivel în cm, iar timpul de creștere al viiturii în ore. Factorul 10 din fața expresiei lui π are rolul de a extinde valoarea maximă de la 1 la 10.

Mărimile Δh , ΔQ și t_{cr} se obțin prin modelare matematică, utilizând de preferință modele cu parametri distribuiți (POTOP, MIKE SHE). Ploaia de calcul va corespunde precipitației cu probabilitatea de depășire de 1%.

10.4.4. COEFICIENTUL DE TORENȚIALITATE τ_s A SCURGERII SOLIDE

În funcție de mărimea transportului solid (exprimat în $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$), în micile bazine forestiere se disting următoarele clase de torențialitate (Gaspar, 1967, citat de Clinciu, 2006):

- clasa 1 0 – 0,5
- clasa 2 0,5 – 1,0
- clasa 3 1,0 – 2,0
- clasa 4 2,0 – 4,0
- clasa 5 4,0 – 8,0
- clasa 6 8,0 – 16,0 etc.

Pentru a caracteriza transportul solid al viiturilor rapide se va utiliza aceeași clasificare, dar referitoare strict la evenimentele extreme din bazin. Pe măsura acumulării de date privind transportul solid târât în perioadele de viitură, se va încerca o abordare statistică a acestuia sau cel puțin o corelare cu debitul maxim de viitură.

10.4.5. CARACTERIZAREA POTENȚIALULUI DE GENERARE A VIITURILOR RAPIDE

Pentru caracterizarea complexă a potențialului de generare a viiturilor rapide a unui bazin hidrografic se pot utiliza următoarele perechi de valori:

(α, τ_s) = (coeficientul de scurgere al bazinului aferent precipitației cu probabilitatea

de depășire de 1%; coeficientul de torențialitate a scurgerii solide);

(τ_l, τ_s) = (coeficientul de torențialitate a scurgerii lichide; coeficientul de torențialitate a scurgerii solide);

(π, τ_s) = (coeficientul de periculozitate 1% a viiturilor rapide; coeficientul de torențialitate a scurgerii solide).

În toate cazurile, precipitația declanșatoare corespunde ploii cu probabilitatea de depășire de 1%.

10.5. CONSIDERAȚII FINALE

Pentru a avea o imagine reală asupra pericolului, limitele zonelor inundabile aferente precipitațiilor generatoare cu probabilitățile de depășire $p\%$ trebuie asociate cu probabilitatea de depășire corespunzătoare duratei de viața medii a populației din zonă. Aceste valori se obțin cu relația:

$$R_n = 1 - (1 - p\%)^n$$

În tabelul 10.3 sunt calculate probabilitățile de depășire R_n corespunzătoare unor intervale de 70; 80 și 90 de ani.

Tabelul 10.3

Relația dintre $p\%$ și R_n

$p\%$ (probabilitatea anuală de depașire)	$H_{p\%}$ (cota apei)	T (perioada medie de repetare)	R_n (probabilitatea de depășire pe interval)		
			70 de ani	80 de ani	90 de ani
0.5	$H_{0.5\%}$	200	29,6 %	33,0	36,3
1	$H_{1\%}$	100	50,5 %	55,2	59,5
2	$H_{2\%}$	50	75,7 %	80,1	83,8
5	$H_{5\%}$	20	97,2 %	98,3	99,0

Cu alte cuvinte, probabilitatea ca o persoană din zona rurală să facă față consecințelor unei viituri rapide generate de o precipitație $h_{p\%}$ nu este deloc neglijabilă, depășind în multe cazuri 50%. În contextul schimbărilor climatice, dar mai ales al modificărilor brutale din bazinele mici (despăduriri masive, eroziune accelerată), această valoare este probabil mai mare.

Zonele inundabile rezultate prin ultimele două metode prezentate, în ciuda incertitudinii de care sunt afectate, trebuie afișate la primărie în vederea conștientizării populației asupra pericolului pe care îl reprezintă viiturile rapide.

BIBLIOGRAFIE

- Amaftiesei, R., 2001, *Modelul hidraulic bidimensional POTOP*. Instrucțiuni de utilizare, 48 p.
- Chendeș, V., 2007, *Surgerea lichidă și solidă în Subcarpații de la curbură*. Teză de doctorat. Institutul de Geografie. Academia Română, 352 p.
- Climciuc, I., 2006, *Pădurea și regimul apelor, de la primele abordări ale înaintașilor, la recente preocupări de exprimare cantitativă și de zonare a riscului la viituri și inundații*. Silvologie. Vol. V. Pădurea și regimul apelor. Sub redacția Victor Giurgiu și Ioan Climciuc. Editura Academiei Române, pp. 107–154.
- Cocean, P., Cocean, G., 2007, *Cauzele și efectele viiturii catastrofale de la Târlîșua, Județul Bistrița-Năsăud, din 20 iunie 2006*. Studia Universitatis Babeș-Bolyai. Geographia. LII. nr. 1. Cluj-Napoca, p.47–55
- Diaconu, C., Șerban, P., 1994, *Sinteze și Regionalizări Hidrologice*. Editura Tehnică, 388 p.
- Hong, Y., Adler, R. F., 2008, Estimation of global SCS curve numbers using satellite remote sensing and geospatial data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 29. Issue 2, pp. 471–477
- Hong, Y., Adler, R. F., Hossain, F., Curtis, S., Huffman, G. J., 2007, *A First Approach to global runoff simulation using satellite rainfall estimation*. *Water Resources Research*. Vol. 43. no. 8. W08502.
- Miță, P., 1996, *Representative basins in Romania*. Research achievements. I.N.H.G.A., 33 p.
- Oprîșan, E., 2006, *Gestionarea situațiilor de criză. Vulnerabilitatea la inundații*. Teza de doctorat. Universitatea Tehnică de Construcții București, 147 p.
- ***, 1997, *National Engineering Handbook*. Part 630 Hydrology, Chapter 15. USDA Natural Resources Conservation Service, US Department of Agriculture, Washington DC. NEH Part 630, Hydrology: Chapter 15—Travel Time, Time of Concentration, and Lag, 20 p.
- ***, INMH, 1997, *Instrucțiuni pentru calculul scurgerii maxime în bazine mici*. 39 p.
- ***, 2007, Ordinul nr. 326 din 12 martie 2007 privind aprobarea *Metodologiei pentru delimitarea albiilor minore ale cursurilor de apă care aparțin domeniului public al statului*. 9 p.

SIMPLIFIED METHODOLOGY FOR IDENTIFYING SMALL BASINS ABLE TO GENERATE FLASH FLOODS

ABSTRACT

Due to heavy torrential rains, small basins may generate flash floods. In many cases, these basins are not gauged and a statistical evaluation of the maximum discharges is not possible. For the preliminary screening, two

approximate methods were proposed: a) the first is based on the maximum hourly precipitation characterised by an exceedance probability of 1% and the use of the corresponding runoff coefficient; b) the second is using the Curve Number index, developed in SCS-CN method. Both preliminary methods are using GIS facilities to combine layers containing different information, such as: maximum torrential rain, runoff coefficient, land use, soil categories, CN index, etc.

The selected basins in this first stage are then analysed using simplified methods. One of these methods is aiming to estimate the threshold precipitations, which generate the flash floods. The starting point is the discharge capacity of the river bed along the river in the sensitive points, mainly localities. Based on the rating curves in these points one can also evaluate the average discharges corresponding to water levels higher with 1 m, 2 m and 5 m above the river bank. Finally, one computes the threshold precipitation using a simplified relation.

The other method is establishing a relation between some threshold or computed precipitations and the discharge producing overbank flow, the flooded area and the water depth.

Finally, the small basins potential to generate flash floods is characterised using combinations of the following parameters: torrentiality of the solid transport, runoff coefficient, torrentiality of the net flow, and flood danger coefficient. The mathematical relations proposed for the last two parameters aim to put into evidence the limited capacity of transport of the river bed, and respectively the sharp variation of the flood characteristics.

Key words: flash floods, small basins, land use, soil classes, Curve Number, runoff coefficient, maximum hourly precipitation, GIS, river bed discharge capacity, threshold precipitation.

11. CERCETĂRI PRIVIND DELIMITAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE PRIN INTERMEDIUL FACILITĂȚILOR OFERITE DE SISTEMELE DE INFORMAȚII GEOGRAFICE (GIS)

ȘTEFAN TAMAȘ¹, IOAN CLINCIU², DRAGOȘ COMAN³

11.1. INTRODUCERE

Modelarea bazinelor hidrografice torențiale sub aspectul caracteristicilor lor morfometrice și hidrologice presupune, ca o operație preliminară de importanță majoră, delimitarea cât mai exactă a acestora. De aceea, delimitarea bazinelor este o operație ce se execută cel mai frecvent pentru a se crea condițiile necesare realizării analizelor de mare finețe efectuate prin facilitățile oferite de GIS în acest scop (Tamaș, Clinciu, 2005).

În condițiile utilizării metodologiei clasice, trasarea cumpenei topografice a bazinului se face pe planurile de situație, de regulă planurile de bază, dotate cu curbe de nivel, ținându-se cont de configurația curbelor de nivel. Delimitarea se face prin trasarea unei succesiuni de linii de cea mai mare pantă, adică normale la tangenta dusă la curbele de nivel, în punctele de interes pentru delimitare (Clinciu, 2001).

Liniile pornesc de la și revin la punctul care materializează secțiunea de închidere a bazinului care de regulă este chiar secțiunea de calcul.

Odată cu abordarea din ce în ce mai pronunțată a problematicii amenajării bazinelor hidrografice torențiale prin intermediul GIS (Tamaș, Popescu, 1993; Hengl, 2003; Maidment, 2002; Maidment, Djoric, 2000; Păcurar, 2005; Tamaș, Clinciu, 2004, 2005, 2006) se impune în mod evident necesitatea utilizării acestui demers și în delimitarea bazinetelor ce constituie obiectul studiilor morfometrice și hidrologice realizate în acest domeniu.

Obiectivul urmărit prin cercetările întreprinse și prezentate în lucrarea de față, îl reprezintă tocmai studiul posibilităților de delimitare a bazinelor hidrografice torențiale prin intermediul facilităților oferite de GIS.

¹ Profesor universitar, doctor inginer, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania Brașov.

² Profesor universitar, doctor inginer, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania Brașov.

³ Doctorand inginer, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania Brașov.

11.2. ASPECTE METODOLOGICE

Pornind de la diversitatea formatelor de reprezentare și de stocare a informațiilor digitale referitoare la un bazin hidrografic (format vectorial sau raster) și a modelului de reprezentare a terenului (format 2D sau format 3D), s-a procedat mai întâi la o analiză pe plan conceptual a implicațiilor formatelor utilizate în delimitarea bazinului studiat.

11.2.1. FORMATUL VECTORIAL ÎN REPREZENTARE 2D

Pentru obținerea cumpenei apelor în vederea delimitării bazinului, într-un format vectorial bidimensional, s-au avut în vedere trei alternative de lucru.

- Pornind de la ipoteza că *planul de situație este deja echipat cu cumpăna apelor*, se procedează la vectorizarea punctelor de intersecție dintre curbele de nivel și limita trasată a cumpenei apelor, obținându-se o polilinie care redă în format digital limita existentă. Digitizarea se poate face direct pe manuscrisul hărții, utilizând o masă de digitizare, sau pe ecranul monitorului în cazul în care avem acces la o imagine scanată. Pentru obținerea unor performanțe ridicate în procesul de digitizare se au în vedere doar vertexurile care sunt amplasate în punctele de schimbare a direcției limitei. O alternativă de lucru constă în digitizarea tuturor punctelor de intersecție dintre curbele de nivel și limita trasată. Se ajunge astfel la o serie de vertexuri redundante, fără valoare la definitivarea formei limitei, dar care pot oferi informații certe sub aspectul atributului de cotă asociat fiecărui vertex.

- În cazul în care *cumpăna apelor nu este trasată deja*, pornind de la imaginea scanată a planului de situație cu curbe de nivel, se procedează la trasarea limitei bazinului direct pe imaginea scanată redată pe ecranul monitorului, prin urmărirea vizuală a liniei de cea mai mare pantă dintre două curbe de nivel succesive, în punctele caracteristice acestora. Se poate însă recurge și aici la digitizarea doar a punctelor de schimbare a direcției fără obținerea cu exactitate a cotelor aferente curbilor de nivel de pe traseul limitei obținute. Prin facilitățile funcției „zoom” se poate ajunge la definitivarea în condiții de precizie ridicată a limitei bazinului.

- Dacă pe planul scanat nu este trasată cumpăna apelor se poate apela la *capacitatea GIS de a trasa perpendiculare succesive* între curbele de nivel deja vectorizate. Succesiunea acestor perpendiculare, trasate în punctele reprezentative ale curbilor de nivel, conduc tocmai la definirea limitei bazinului. În acest scop se apelează la funcția „perpendicular” conform precizărilor din figura 11.1. Segmentele de limită generate succesiv prin acest procedeu au valabilitate doar până la jumătatea distanței dintre două curbe succesive, procesul de generare a segmentelor ce aparțin limitei continuându-se până la parcurgerea întregului traseu.

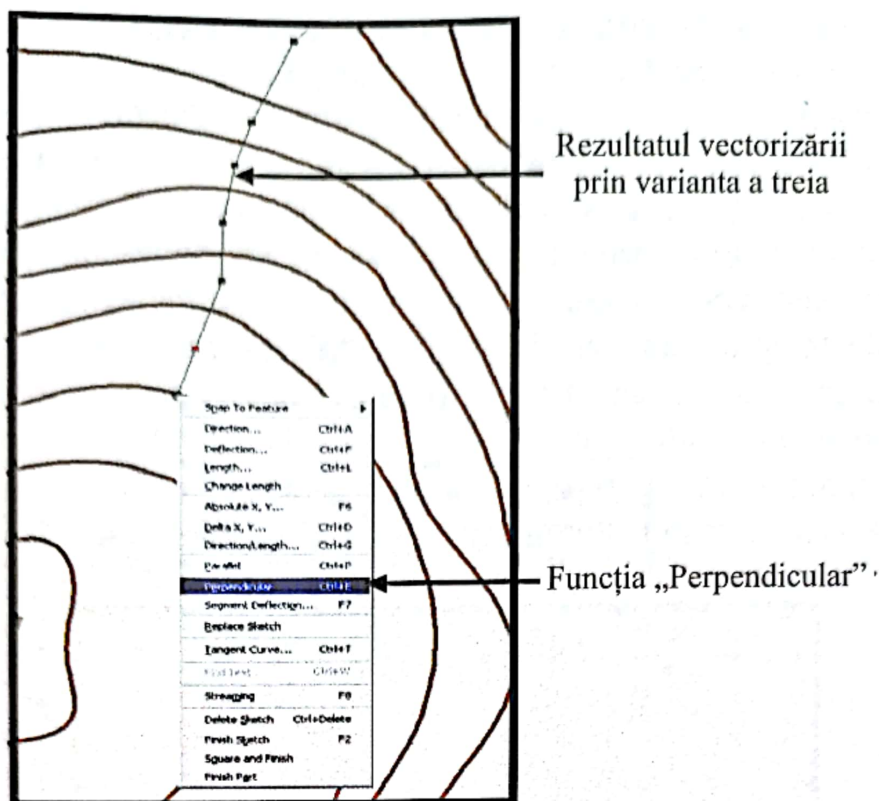


Fig. 11.1. Ilustrarea funcției „Perpendicular”, aplicată succesiv pentru fiecare curbă de nivel.

Această facilitate GIS este importantă deoarece perpendicularele pe curbele de nivel se pot duce cu ușurință, fără a se apela la tangentele în punctele respective. Rezultatul aplicării celor trei variante de lucru evidențiate este redat în figura 11.2.

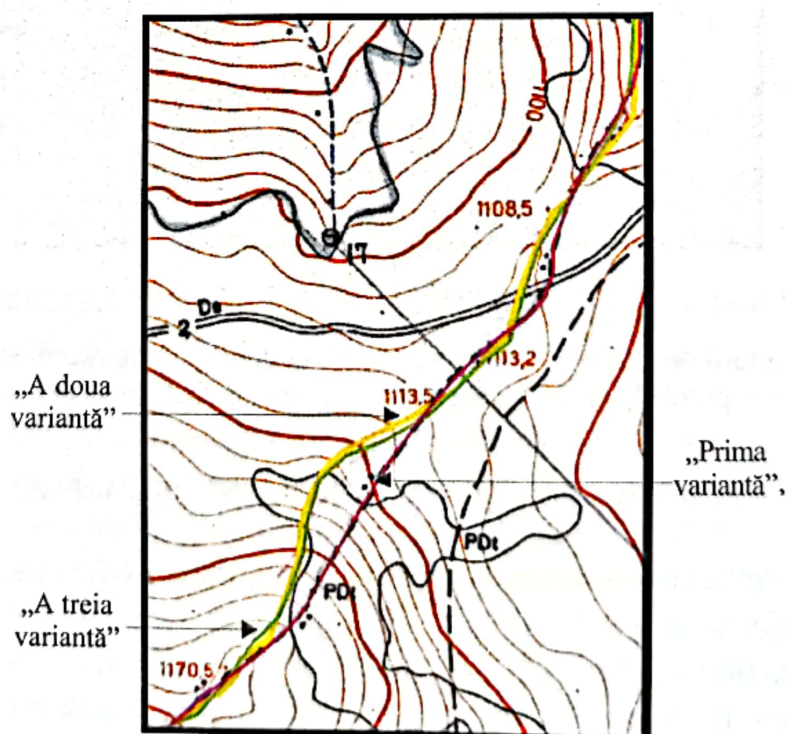


Fig. 11.2. Captură de ecran care ilustrează cele trei posibilități de trasare a cumpenei topografice.

În cazul în care este disponibil un model digital al terenului, în reprezentare TIN, limita bazinului nefiind trasată, devine posibilă vizualizarea mult mai exactă a traseului potențial al limitei de materializat. În acest scop, cu sau fără reprezentarea curbelor de nivel, se poate apela la funcția „*illumination*” care permite poziționarea sursei de lumină în așa fel încât zonele luminate și umbrite ale imaginii digitale tridimensionale să pună în evidență cu precizie ridicată traseul potențial al limitei, care poate fi apoi digitizat, apelându-se, atunci când este cazul și la schimbarea convenabilă a scării de reprezentare, prin apelarea funcțiilor „*zoom in*” și „*zoom out*”. Rezultatul aplicării acestei alternative de lucru este prezentat în figura 11.3.

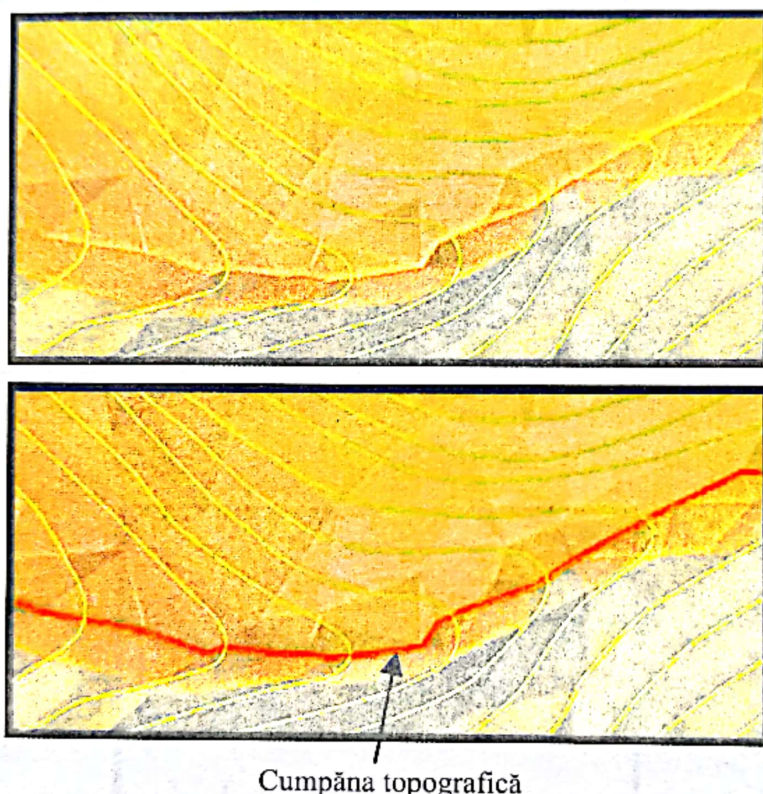


Fig. 11.3. Captură de ecran care ilustrează facilitatea oferită de reprezentarea TIN în procesul identificării și trasării cumpenei topografice.

11.2.3. FORMATUL RASTER ÎN REPREZENTARE 2D

Acest format de reprezentare a hărții digitale oferă o serie de facilități specifice de delimitare a unui bazin hidrografic.

Astfel, o alternativă de lucru, la nivel conceptual, constă în trasarea limitei bazinului în mod vizual, prin perpendiculare duse succesiv în punctul caracteristic al fiecărei curbe de nivel. După cum se poate constata în figura 11.4, curbele de nivel sunt redată cu succesiuni de pixeli amplasați

pe orizontală și pe verticală. De aceea, rezultatul obținut se poate abate uneori sensibil de realitate, prin dificultatea identificării cu precizie a punctului reprezentativ al curbei prin care trebuie să treacă limita.

O altă situație care se poate identifica în acest caz se bazează pe ipoteza potrivit căreia limita este trasată deja de operator și este redată în format raster. În acest caz, conturul perimetral al bazinului este zimțat și nu asigură determinarea cu suficientă precizie a lungimii perimetrului bazinului, ci doar a suprafeței acestuia.

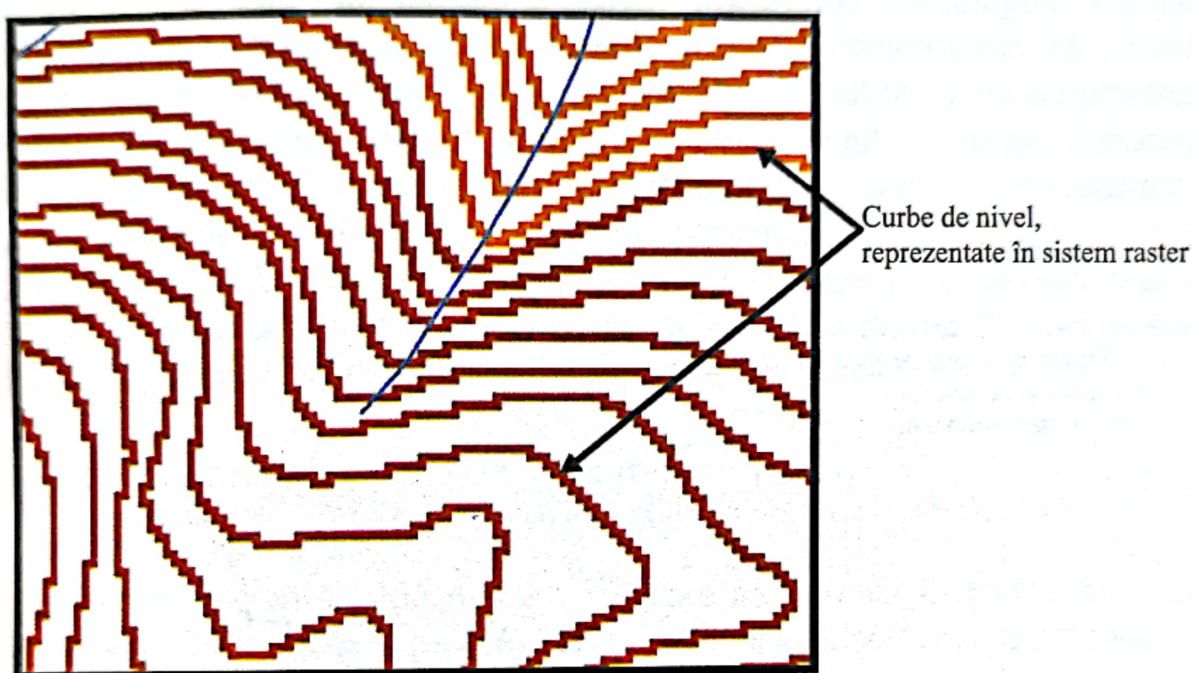


Fig. 11.4. Captură de ecran care ilustrează dificultățile și dezavantajele trasării cumpenei topografice folosind sistemul raster în reprezentarea curbelor de nivel.

11.2.4. FORMATUL RASTER ÎN REPREZENTARE 3D

În cazul acestui format se poate opta fie pentru vectorizarea manuală a limitei bazinului, fie pentru generarea ei automată.

În prima alternativă, pornind de la modelul raster disponibil, prin utilizarea funcției „*flowdirection*” se poate proceda la identificarea vizuală a limitei dintre două bazine adiacente, analizând direcțiile de scurgere evidențiate pe ecranul monitorului. În acest scop, prin aplicarea funcției „*streamshape*” asupra rasterului ce conține sub formă codificată la nivel de octet (sub forma 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 și 128) cele 8 direcții posibile de scurgere dintr-o celulă se generează un strat nou, în format vector, în care poliliniile evidențiază chiar direcțiile de scurgere. Astfel, devine foarte evidentă linia de schimbare a direcțiilor de scurgere, care poate fi vectorizată apoi de către operator, pornind de la un punct ales pe albie și parcurgând linia reprezentată de succesiunea de puncte în care direcțiile

de scurgere sunt divergente. Modul de lucru specific acestei variante de trasare a limitei bazinului este ilustrat în figura 11.5.

O alternativă mai avantajoasă constă în identificarea și trasarea automată a limitei bazinului prin utilizarea modelului digital al terenului, a rasterului direcțiilor de scurgere, a rasterului acumulării scurgerilor și a funcției „watersheddelineator”. Devine astfel posibilă delimitarea automatizată a bazinelor corespunzătoare diverselor sisteme de clasificare hidrografică a albiilor (Strahler, Shreve, Gravelius etc.), ceea ce constituie o facilitate importantă pentru realizarea analizelor hidrologice ulterioare. Mediul de programare „Map Algebra” al produsului ArcGis 9x permite conceperea unor module de program pentru identificarea limitei bazinului, precum și pentru calculul perimetrului și suprafeței acestuia, pentru diverse dimensiuni ale pixelului (10 m, 5 m și 1 m), în condiții de mare eficiență și un timp de prelucrare foarte redus, de maxim 1–2 minute pentru bazinele luate în studiu.

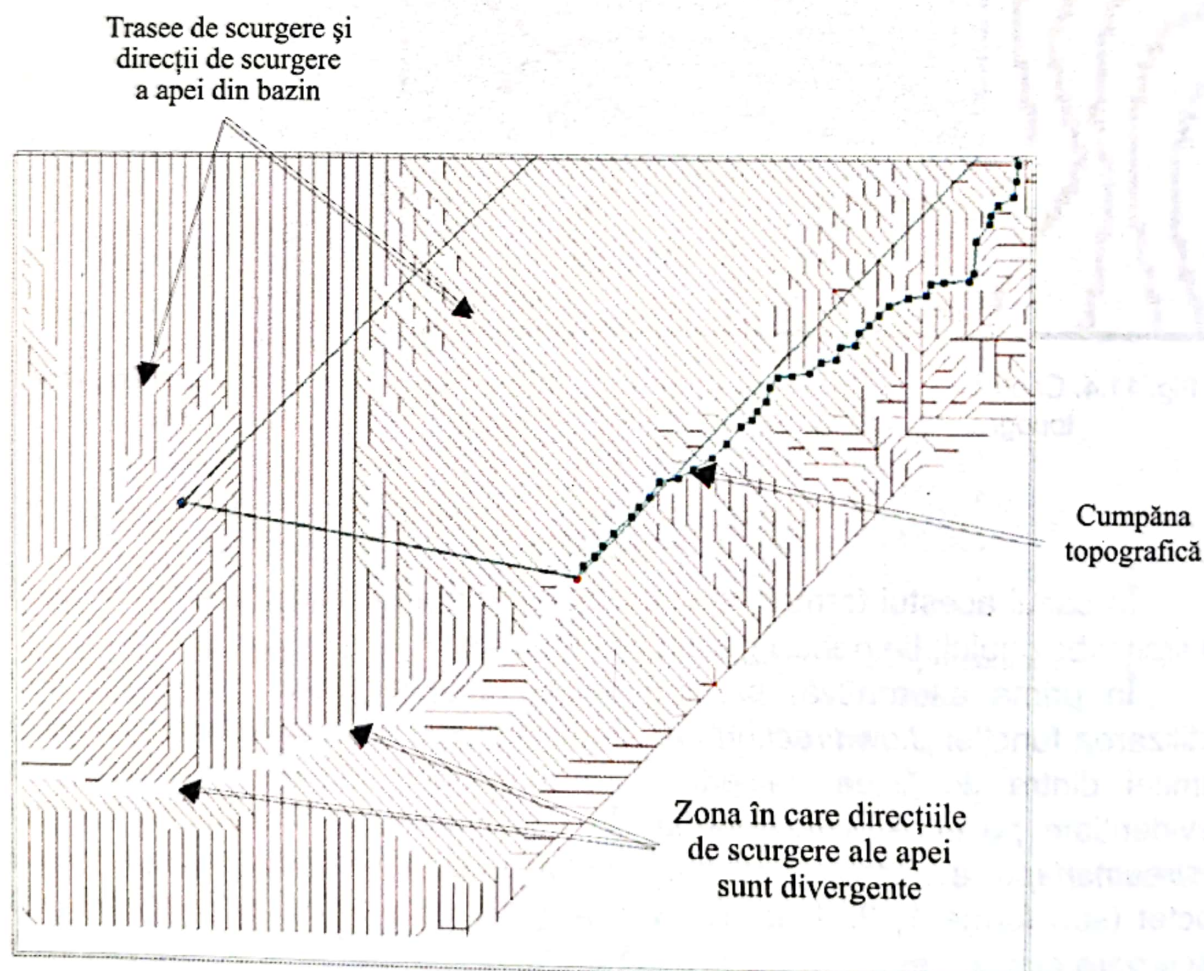


Fig.11.5. Captură de ecran care ilustrează facilitatea oferită de GIS în procesul trasării cumpenei topografice, folosind direcțiile de scurgere și traseele de scurgere, extrase din DEM-ul de 5m, pentru Bazinul Adâncă de Jos (B.H. Tărlungul Superior, jud. Brașov).

11.3. STUDIU DE CAZ

Aplicarea în practică a aspectelor metodologice prezentate se poate realiza în condiții variabile sub aspectul complexității operațiilor de parcurs, al tehnicilor de prelucrare utilizate și al calității rezultatelor obținute. În condițiile în care tehnologiile GIS își găsesc o aplicabilitate directă, cu rezultate foarte bune, în abordarea problemelor legate de amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, un interes deosebit îl reprezintă aplicarea pe scară largă a acestor tehnologii în rezolvarea unui număr cât mai mare de probleme de proiectare, inclusiv în delimitarea bazinelor hidrografice torențiale. De aceea, prezintă un interes deosebit prezentarea modului de rezolvare a problemei delimitării bazinelor hidrografice pentru cazul cel mai complex, dar și cu rezultatele cele mai bune, definit de abordarea în format tridimensional, vector sau raster, a diverselor etape de parcurs pentru obținerea rezultatului dorit. Această abordare devine posibilă în condițiile în care produsele GIS actuale permit trecerea cu ușurință din formatul vector în cel raster și invers. Ilustrarea aplicării acesui demers s-a făcut pentru Bazinul lui Soare, de pe Valea Adâncă de Jos.

11.3.1. CONSTRUIREA MODELULUI DIGITAL AL TERENULUI ÎNTR-O FORMĂ UTILIZABILĂ PENTRU APLICAȚIILE DIN DOMENIUL HIDROLOGIEI

Pentru a crea o zonă mai extinsă care să permită în cadrul acesteia identificarea cu precizia necesară a limitei bazinului hidrografic, s-a procedat la vectorizarea, nu numai a bazinului propriu-zis, ci a unei zone mai extinse, denumită zonă bazinală, ce depășește aria propriu-zisă a bazinului. Curbele de nivel au fost vectorizate pe planurile de bază la scara 1:5000 și, în condițiile specificate mai sus, a devenit posibilă evidențierea clară a punctelor reprezentative de pe fiecare curbă, ce definesc practic limitele bazinului. În acest fel s-au creat condițiile necesare și pentru asigurarea unei calități mai bune a procesului de interpolare a cotelor punctelor din spațiul bazinului, și în primul rând a celor aflate chiar pe cumpăna de apă sau în preajma acestora. Totodată s-a asigurat prezența unui nor de puncte distribuit circular față de punctul a cărui cotă urmează să se determine prin interpolare. Parametrii de interpolare utilizați sunt evidențiați în figura 11.6.

Pentru a se mări numărul de vertexuri asociat fiecărei polilinii obținute prin vectorizarea curbelor de nivel, s-a aplicat algoritmul „peak” cu o toleranță de 3 m. În continuare, s-a procedat la obținerea unui strat de tip punct prin conversia vertexurilor poliliniilor în puncte.

Stabilirea celei mai convenabile valori a unității elementare de imagine s-a făcut, conform recomandărilor din literatura de specialitate, la valoarea de 4 m. În acest scop, s-au avut în vedere atât recomandarea potrivit căreia dimensiunea pixelului trebuie să fie cel puțin jumătate din media distanțelor

reduse la orizont dintre curbele de nivel succesive (Hengel, 2003), cât și recomandarea din cadrul Proiectului SICUAT (Programul Național de Implementare a unui Sistem Informatic Geografic pentru realizarea Băncilor de Date referitoare la Cadastru Imobiliar-edilitar, Urbanism și Amenajarea Teritoriului), care specifică valoarea de 0,2 mm (mărimea celui mai mic punct vizibil cu ochiul liber pe o hartă) drept precizie cartografică standard în cazul reprezentărilor din domeniul cadastrului urban-edilitar.

Parametrii utilizați în continuare în funcțiile polinomiale locale pentru interpolarea stratului de puncte (puncte de pe curbele de nivel „smooth”), după cum se poate constata și în figura 11.7, ordinul polinomului—4, numărul de puncte—400, ponderea distanței—14,77, au condus la obținerea unui strat de tip „local polynomial interpolation”, care a permis generarea modelului digital al terenului, fie în format vector, fie în format raster. S-a optat pentru formatul raster, cu dimensiunea pixelului de 4 m, denumit „DEM original”. Calitatea modelului este redată prin indicatorul RMS (eroarea standard medie reziduală) al cotei unui punct folosit la interpolare, față de cota aceluiași punct în DEM-ul rezultat, obținându-se, așa cum se poate constata în figura 11.7, valoarea de 0,1562 m. Se dovedește astfel că metoda de interpolare este adecvată setului de date utilizat, iar modelul digital de elevație decrive în bune condiții realitatea.

Din modelul original s-a extras apoi *zona bazinală*, redată în figura 11.8, care este, așa cum s-a precizat deja, mai extinsă față de zona corespunzătoare limitelor exacte ale bazinului luat în studiu. În acest scop s-a utilizat funcția „extract by mask” aplicată asupra straturilor „zona bazinală” și „DEM original”, și s-a obținut un strat nou, denumit *DEM inițial* cu pixel de 4 m.

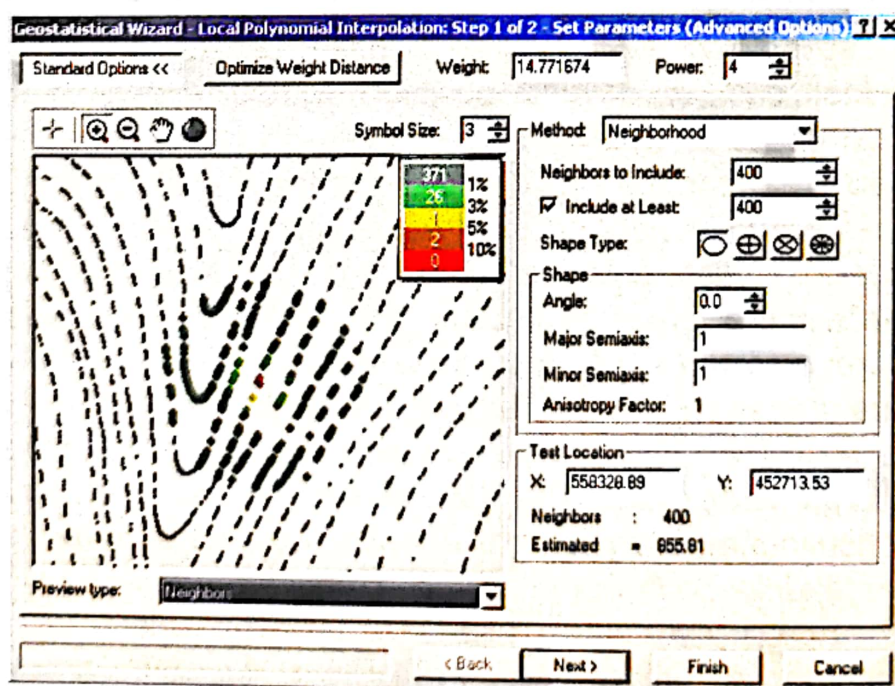
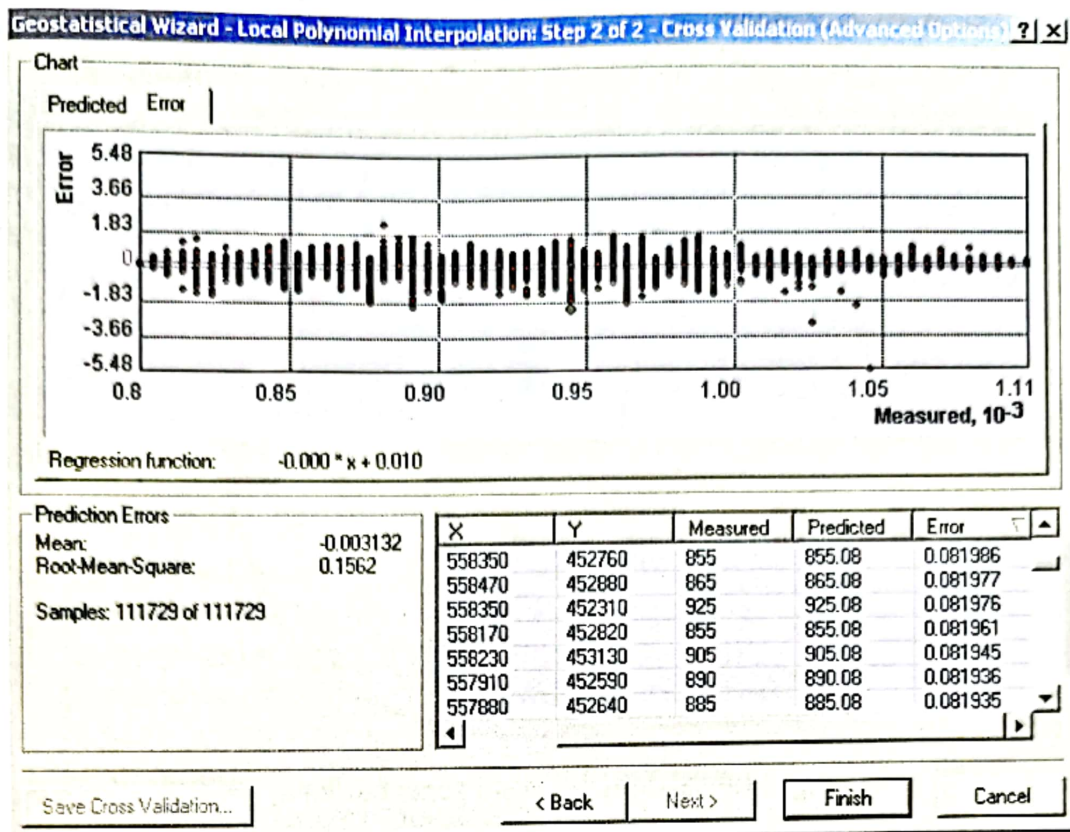


Fig. 11.6. Captură de ecran ce ilustrează parametrii de interpolare (ordinul polinomului, numărul de puncte, ponderile alocate etc.).



Output Layer Information ? | X

Summary:

Selected Method: Local Polynomial Interpolation

Method Parameter(s):
Power: 4
Weight: 14.771674

Searching Neighborhood:
Neighbors to Include: 400 (include at least 400)
Searching Ellipse:
Angle: 0
Major Semiaxis: 1
Minor Semiaxis: 1
Sector Mode: 0

Status:
Ready to modify layer.

OK Cancel

Fig. 11.7. Cuantificarea calității DEM-ului folosind abaterea standard și media erorilor.

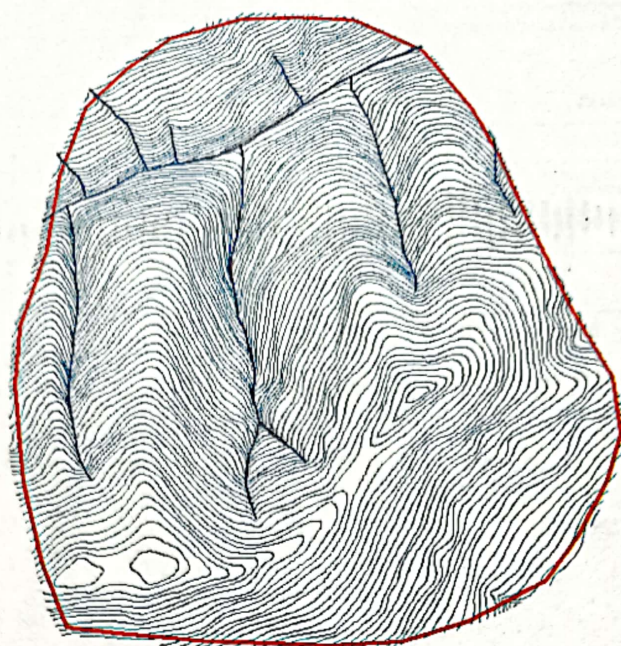


Fig. 11.8. Ilustrare grafică a zonei bazinale.



Fig. 11.9. Captură de ecran ce ilustrează existența unor anomalii orografice (talveg întrerupt și cursuri de apă paralele).

După cum se poate constata din figura 11.9, stratul obținut este afectat de o serie de anomalii orografice, reprezentate de întreruperea talvegului sau de prezența unor cursuri de apă paralele, aflate la distanță foarte mică unul de altul. De aceea, s-a impus eliminarea acestor anomalii prin utilizarea metodologiei cunoscute (Tamaș *et al.*, 2007), obținându-se un nou model digital de elevație, denumit DEM recondiționat, cu mărimea pixelului de 4 m. Acest model întrunește condițiile necesare pentru a putea fi utilizat în bune condiții în studiile hidrologice.

11.3.2. GENERAREA AUTOMATĂ A LIMITEI BAZINULUI HIDROGRAFIC

Pentru automatizarea procesului de trasare a limitei bazinului hidrografic luat în studiu s-a conceput un modul de program de forma:

```
[flowdir] = flowdirection([dem_rec4])
```

```
[flowac] = flowaccumulation([flowdir])
```

```
[setnull] = setnull([flowac] < 1100, 1)
```

```
[streamlink] = streamlink([setnull], [flowdir])
```

```
[watershed] = watershed([flowdir], [streamlink])
```

```
[flowdir_vect] = streamshape([flowdir], [flowdir], noweed)
```

```
[watershed_vect] = gridshape([watershed], noweed)
```

Sucesiunea funcțiilor folosite în acest scop se evidențiază în figura 11.10.

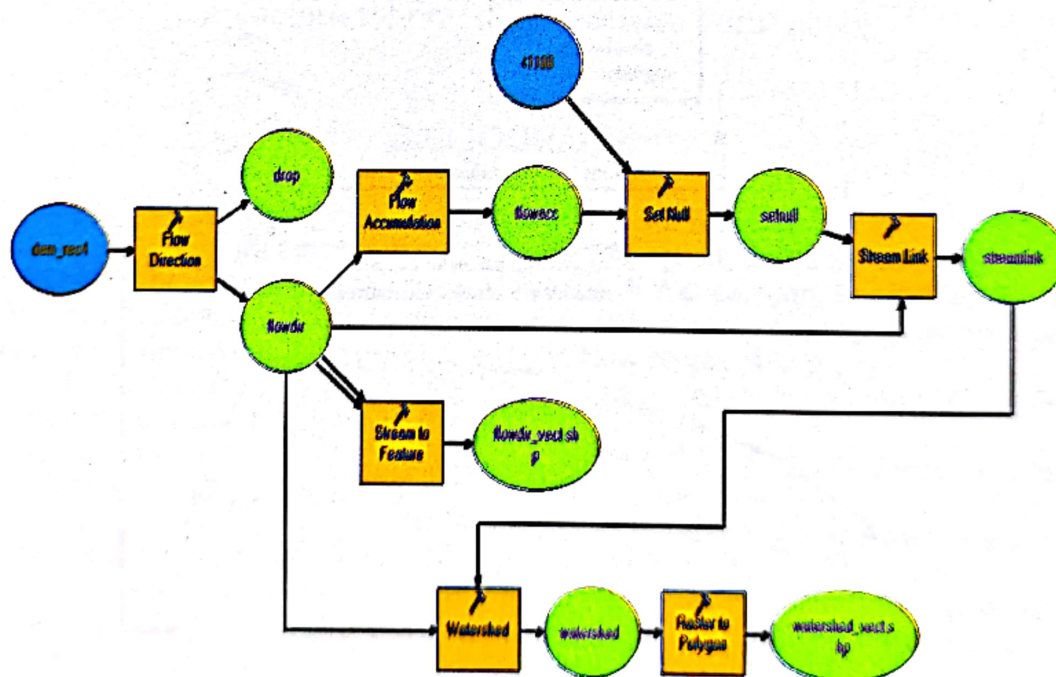


Fig. 11.10. Sucesiunea funcțiilor folosite pentru a formula sintaxa modulului de program realizat.

Prin exportul stratului „watershed_vect.shp” din fișier de tip „shapefile” într-un fișier de tip „personal geodatabase” a devenit posibilă utilizarea funcției „merge” asupra poligoanelor de interes, reprezentate de bazine de rang inferior prezente în zona bazinelor luate în studiu, eliminându-se poligoanele nerelevante, din afara zonei efective a bazinului. În acest fel s-a obținut un singur poligon, care reprezintă tocmai limita bazinului supus analizei.

Modul de identificare automată a limitei bazinului presupune parcurgerea unui număr de etape de lucru, succesiunea lor logică și rezultatul obținut fiind redată în figura 11.11.

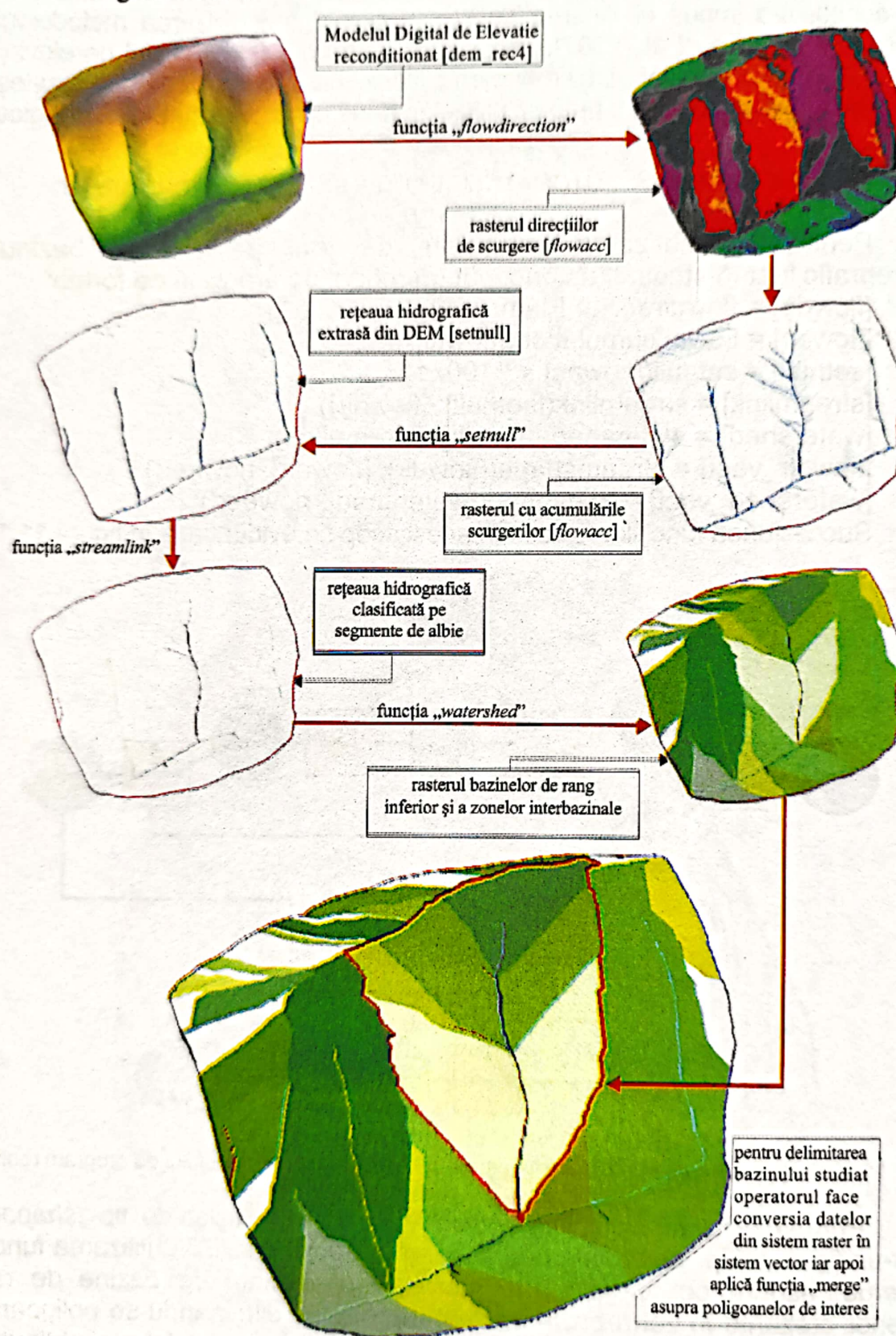


Fig. 11.11. Capturi de ecran ce ilustrează procedura de lucru pentru delimitarea bazinului studiat.

11.4. CONCLUZII

Problema delimitării bazinelor hidrografice torențiale în condițiile unei precizii ridicate este de un interes major în abordarea studiilor morfometrice și hidrologice prin care se fundamentează soluțiile tehnice în proiectarea lucrărilor de corectare a torenților. În condițiile în care, în astfel de studii se apelează din ce în ce mai frecvent la tehnologiile informatice actuale, și în primul rând la sistemele de informații geografice (GIS), se pune problema aplicării acestui demers și pentru delimitarea precisă a fiecărui bazin luat în studiu.

În urma unei analize detaliate a diverselor alternative de soluționare a problemei delimitării bazinelor hidrografice torențiale, se poate constata că abordarea prin tehnologiile GIS a acestei probleme reprezintă o soluție viabilă, cu largă aplicabilitate practică.

Pornind de la metodologia de construire a modelului digital al terenului într-o formă utilizabilă, în care nu se regăsesc erorile orografice inițiale, soluția propusă pentru delimitarea automată a bazinelor hidrografice prin intermediul facilităților oferite de GIS, prezentată la nivel conceptual și ilustrată pe un studiu de caz, se dovedește a fi o alternativă de larg interes în activitatea de proiectare tehnologică specifică domeniului.

BIBLIOGRAFIE

- Clinciu, I., 2001, *Corectarea torenților*. Universitatea Transilvania Brașov, 248 p.
- Hengl, T., 2003, *Pedometric mapping: bridging the gaps between conventional and pedometric approaches*. PhD Thesis, University of Wageningen, Enschede, 214 p.
- Lo, C.P., Yeung, A.K.W., 2002, *Concepts and techniques of geographic information systems*. Prentice -Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 492 p.
- Maidment, D., Djorik, D., 2000, *Hydrologic and hydraulic modeling support*. ESRI Press, Redlands, California, 216 p.
- Maidment, D.(Ed.), 2002, *ArchHydro.GIS for water resources*. ESRI Press, Redlands, California, 203 p.
- Păcurar, V., 2005, *Utilizarea sistemelor de informații geografice în modelarea și simularea proceselor hidrologice*. Editura Lux Libris, 152 p.
- Tamaș, Șt., Popescu S., 1993, *SIG – posibilități de utilizare în silvicultură și exploatarea forestiere*. Silvicultura și Exploatarea Forestiere – Realizări și Perspective. Universitatea „Transilvania” din Brașov, pp. 243–250.
- Tamaș Șt., Clinciu, I. et al., 2004, *Studiul facilităților oferite de sistemele de informații geografice (GIS) în identificarea direcțiilor de utilizare a acestei tehnologii în fundamentarea hidrologică a proiectării lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale*. Referat științific, Universitatea „Transilvania” din Brașov, 56 p.
- Tamaș, Șt., Clinciu I. et al., 2005, *Aplicații ale sistemelor de informații geografice pentru determinarea, analiza, interpretarea și valorificarea principalilor parametri morfometrici ai bazinelor hidrografice torențiale*. Referat științific, Universitatea „Transilvania” din Brașov, 87 p.
- Tamaș, Șt., Clinciu I. et al., 2006, *Aplicații ale sistemelor de informații geografice în fundamentarea prognozei principalilor parametri hidrologici ai bazinelor hidrografice torențiale*. Referat științific, Universitatea „Transilvania” din Brașov, 82 p.

- Tamaş Şt., Clinciu I., 2005, *Particularități ale utilizării sistemelor de informații geografice (GIS) în contextul aplicațiilor din domeniul hidrologiei forestiere*. În: *Pădurea și dezvoltarea durabilă*. Universitatea „Transilvania” din Brașov, pp.507–514.
- Tamaş Şt., Clinciu I. et al. 2007, *Considerații privind metodologia eliminării unor anomalii orografice încorporate într-un model digital de elevație (DEM)*. În: *Pădurea și dezvoltarea durabilă*. Universitatea „Transilvania” din Brașov, pp.371–378.
- Wise, S., 2002, *GIS basics*. Taylor&Francis, London and New York, 218 p.

RESEARCHES CONCERNING TORRENTIAL WATERSHEDS DELINEATION BY MEANS OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) FACILITIES

ABSTRACT

The delineation of torrential watersheds is an important step in performing realistic analyses of the morphometrical and hydrological characteristics of each watershed. The increasingly frequent use of geographic information systems facilities in the substantiation of torrents control works solutions makes it necessary to apply this approach to watersheds delineation as well.

The paper performs a detailed analysis of the various alternatives for watersheds delineation and presents the theoretical and practical implications of various possible alternatives.

The methodology for creating a digital elevation model free of the initial orographical anomalies is presented and applied to a torrential watershed. The model is further used as a case study in order to carry out the automated watershed delineation.

The suggested methodology proved to be a realistic one, with an important use potential.

Key words: torrential watersheds management, watershed delineation, geographic information systems.

12. MONITORIZAREA PRIN TEHNICI GIS A DEGRADĂRII EROZIONALE ÎN BAZINE HIDROGRAFICE MICI CU FOLOSINȚE PREDOMINANT AGRICOLE. STUDIU DE CAZ

GABRIELA BIALI¹, NICOLAE POPOVICI²

12.1. IMPORTANȚA TEMEI ABORDATE

Atât pe plan mondial cât și în țara noastră, procesele de degradare erozională afectează în mod deosebit terenurile agricole, din cauza „acoperirii” mai slabe pe care folosințele agricole le oferă acestor terenuri cât și imposibilității adaptării perfecte a practicilor agricole la cerințele de protecție și conservare a solului, supuse la procesele mai sus menționate (Biali, Popovici, 2006; Moțoc, 1983; Nour, 2004). În România, acest proces de degradare (poluare în accepțiune ecologică modernă), este extins la aproape jumătate (47 %) din suprafața agricolă a țării, respectiv pe circa 7 milioane ha (Moțoc, 1983). Efectele negative ale eroziunii și torențialității sunt considerabile pentru România, îndeosebi prin scăderea continuă a fertilității solurilor, prin colmatarea albiilor și lacurilor de acumulare, deteriorarea căilor de comunicație și a unor obiective economico-sociale situate în localități sau la baza versanților sau a mediului înconjurător (prin poluare, degradarea microclimatului, ruinarea peisajului geografic, deteriorarea condițiilor de viață a oamenilor, depopulare).

Utilizarea tehnicii Sistemelor Informaționale Geografice (GIS) pentru gestionarea unor parametri referitori la mediu a devenit astăzi un fapt obișnuit. Aceste tehnici pot fi utilizate atât pentru studiile întreprinse pe suprafețe mici (de ordinul a câtorva hectare), cât și pentru studii de impact la nivel regional sau chiar național (Biali, Popovici, 1999; Burrough, 1986; Biali, Popovici, 2003; Caloz, 1993; Kwong, A.Lo, 1995; Te Selle, 1984).

Dacă ne referim la stabilirea riscului erozional, mai ales pe spații largi, acest demers implică cunoașterea amănunțită a tuturor factorilor ce intervin în desfășurarea procesului de degradare, respectiv a parametrilor caracterizând clima, relieful, solul, modul de folosire a terenurilor, tehnologiile de exploatare agricolă etc. Ținând seama însă că toți acești parametri au o distribuție spațială, adică primesc o anumită valoare în fiecare punct din spațiu, acțiunea complexă

¹ Conferențiar universitar, doctor inginer, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași, Facultatea de Hidrotehnică

² Profesor universitar, doctor inginer, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași, Facultatea de Hidrotehnică

de monitoring nu se poate realiza decât în cadrul unui sistem informațional spațial (Te Selle, 1984; Tahri *et al.*, 1997).

În acest context, aplicarea tehnicii Sistemelor Informaționale Geografice/Teritoriale în scopul enunțat, în țara noastră, se impune și se justifică nu numai din considerente economice, dar și al siguranței și rapidității cu care se pot obține în „timp real” informațiile dorite.

Prin implementarea acestor tehnici se poate realiza inclusiv un *monitoring ecologic integrat*, prin care organele abilitate pot supraveghea permanent starea resurselor naturale, în general al factorilor de mediu și a impactului antropic, bazat pe parametrii și indicii de acoperire spațială și temporală, care să asigure cadrul informațional necesar strategiei și tacticii de prevenire a consecințelor factorilor de mediu și a activităților umane, de elaborare a prognozelor și exercitarea controlului operativ asupra măsurilor de redresare (ameliorare) a situației ecologice.

12.2. LOCALIZAREA CERCETĂRIILOR ȘI METODA DE LUCRU

În lucrarea de față este prezentat un studiu, efectuat prin tehnici GIS, asupra evoluției proceselor de degradare a terenurilor prin eroziune în bazinul de recepție aferent acumulării Antohești, din bazinul hidrografic superior al râului Berheci, județul Bacău (Biali, Popovici, 2003). Suprafața de recepție este de 3 963 ha, relieful fiind puternic fragmentat, prezentând o energie de relief de circa 330 m și pante medii de peste 15%. Versanții sunt afectați de eroziune în suprafață, în adâncime și de alunecări active. Solurile predominante sunt cernoziomurile și solurile brune, iar folosințele predominante: arabil (47,2%), pășune (26,78%) și pădure (16,8%).

În cadrul proiectului GIS, datele georeferențiate sunt reprezentate sub formă de straturi (*layere*), fapt ce facilitează analiza variabilelor spațiale și a distribuției entităților de pe suprafețele luate în studiu, iar analiza globală a informațiilor obținute, ce presupune abordarea concomitentă a mai multor straturi, s-a putut realiza prin așa numita tehnică „*overlay*”. Tehnica „*overlay*” se bazează pe operații de suprapunere sau combinare a mai multor layere (după algoritmi specifici—stabiliți de utilizator), prin care se obțin noi layere respectiv date și atribute noi. Aceste operații pot fi de tip algebric, logic, topologic etc. și au efecte grafice și non-grafice (Popovici, Biali, 2000).

Tehnica „*overlay*” permite efectuarea unor analize spațiale multiple deoarece vizează entitățile spațiale și bazele de date asociate aparținând unui număr nelimitat de layere. La baza operațiilor *overlay* se află algebra cartografică și algebra booleană. Deoarece *overlay* nu reprezintă doar o simplă suprapunere de hărți tematice (între datele layerelor urmând a se efectua anumite operații), în cadrul aplicației GIS curente s-a acordat o atenție deosebită tipurilor de layere, calității datelor achiziționate, rezoluției acestora, georeferențierii, scării sistemului de proiecție, transformărilor de structură a datelor.

12.3. STRUCTURA PROIECTULUI GIS

Schema generală a etapelor parcurse în cadrul proiectului (la tema enunțată) este prezentată în figura 12.1. (Biali, Popovici, 2003). În cadrul aplicației s-a folosit un software tip GIS românesc Geo – Graph, destinat operațiunilor de lucru cu hărți digitale și interogări ale bazelor de date. Modelul matematic pentru determinarea pierderilor de sol are la baza ecuația USLE (*Universal Soil Loss Equation* – elaborată în SUA de Wischmeier și Smith), (Williams, *et al.*, 1993; Renard, *et al.*, 1996) iar în România sub forma modelului ROMSEM (Romanian Soil Model – Moțoc M.).

Întrucât factorul „*relief*” are o pondere însemnată în procesul eroziunii pe terenurile în pantă, crearea Modelul Numeric de Teren (MNT) a reprezentat o etapă importantă în cadrul proiectului GIS, generând (conform schiței din figura 12.1.) trei straturi informaționale ce au intrat în algoritmul de calculul al pierderilor de sol prin eroziune. Modelul Numeric de Teren s-a obținut cu ajutorul unei interpolări, adoptând *metoda mediilor ponderate* pentru interpolare locală (Popovici, Biali, 2000).

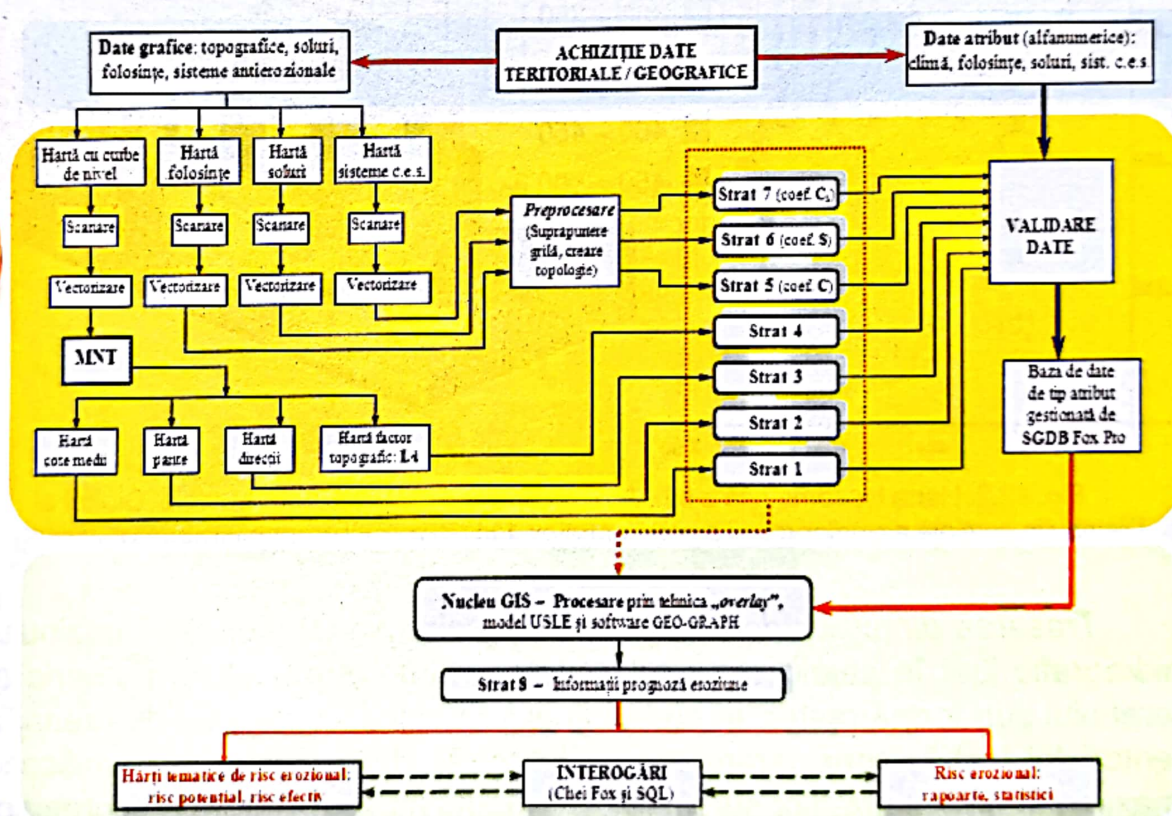


Fig. 12.1. Fluxul datelor în GIS/LIS, de la situația din teren la produsul obținut (riscul eroziional).

Pentru crearea bazei de date georeferențiate ce intră în ecuația amintită, s-a utilizat *procedeul raster*, ce a permis suprapunerea peste documentația cartografică, a unei grile rectangulare de celule pătrate de 25 x 25 m. Astfel, calculul eroziunii hidrice în bazinul studiat s-a efectuat pe circa 190 000 de celule.

Într-o prima etapa au fost create straturile informaționale caracterizând relieful terenului (deoarece informația asupra reliefului este esențială pentru modelarea proceselor erozionale pe terenurile în pantă).

Plecând de la harta cu curbe de nivel, Modelul Numeric de Teren (MNT) obținut, a furnizat, pentru proiectul GIS, straturi fundamentale precum (Biali, Popovici, 2003):

Layer 1 – Harta hipsometrică

Layer 3 – Harta pantelor

Layer 2 – Harta direcțiilor de scurgere

Layer 4 – Harta lungimilor de scurgere

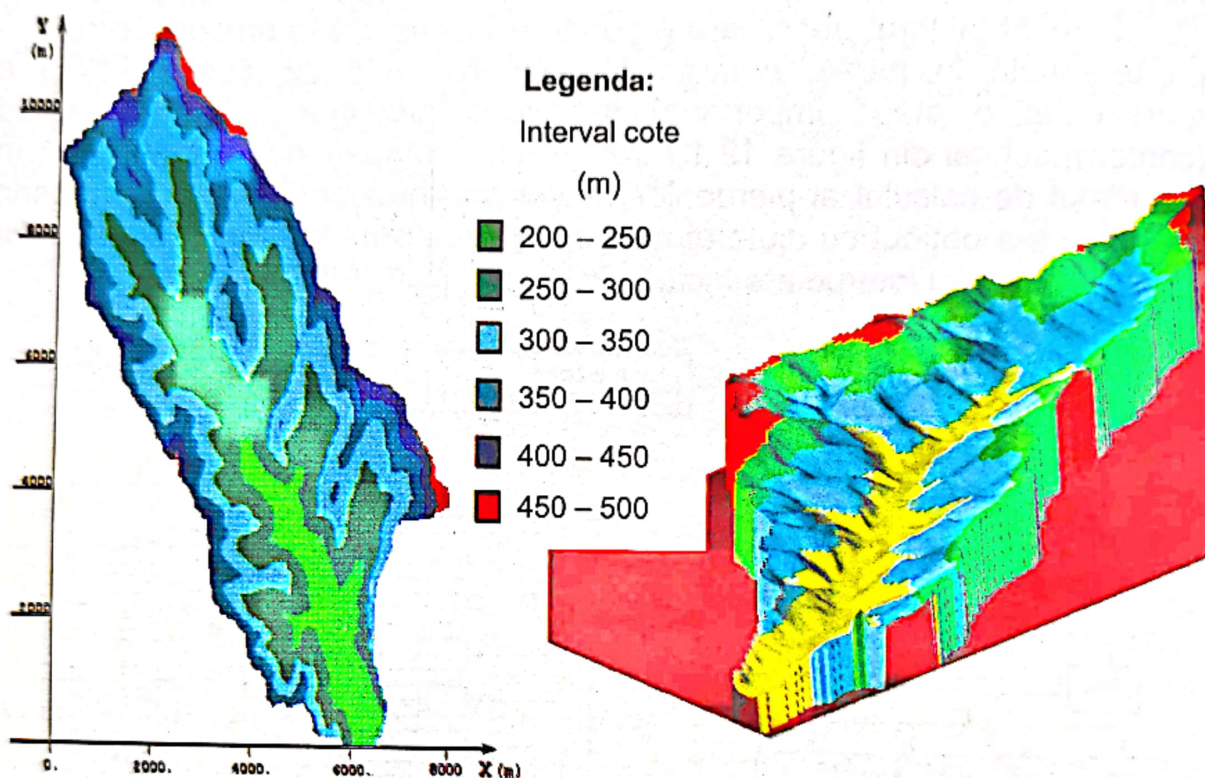


Fig. 12.2. Harta hipsometrică a b.h. Antohești. Distribuția spațială a cotelor medii a pixelilor (layer 111).

Fig. 12.3. Modelul Digital al Terenului în format 3D.

Trasarea direcțiilor de scurgere/drenaj din cadrul suprafeței bazinului hidrografic luat în studiu s-a realizat tot cu ajutorul modelului numeric al terenului sub formă raster. În cadrul acestui procedeu, rețeaua de drenaj a teritoriului luat în considerare are o structură arborescentă, cu ramificație maximă la nivelul pixelilor sursă, la care modul de concentrare a scurgerilor în lungul traseelor spre pixelul de închidere depinde de pozițiile de confluență. Prin tranzitarea ei pixel cu pixel, avansarea din amonte spre aval a putut fi reprezentată prin linii neregulate, ale căror lungimi se reduc în punctele de confluență. În modelul scurgerii distribuite, modul de organizare a calculului de integrare se bazează pe stabilirea direcțiilor locale de drenare asociate, iar celelalte informații topografice au fost utilizate îndeosebi pentru verificarea parțială a corectitudinii lor.

Scurgerea apei de pe o unitate hidrografică se realizează prin ansamblul de trasee care unesc punctele cu altitudini ridicate cu punctul de închidere al bazinului.

Astfel, în bazin se pot distinge pixeli tip sursă – în care nu se drenează alt pixel, pixeli de confluență – în care se drenează cel puțin doi pixeli amonte, și pixelul de închidere – prin care trec toate traseele de drenare a bazinului.

S-a considerat că, în reprezentare raster, pixelul curent poate fi drenat după una din cele 8 direcții posibile, funcție de poziția pixelului vecin cu altitudinea cea mai mică (fig. 12.4.a). În analiza vecinătăților pixelului central pentru determinarea direcției lui de drenare (fig.12.4.c), altitudinile celor de pe diagonale sunt reconsiderate pentru a menține aceeași distanță de pixelul de referință (Popovici, Biali, 2000).

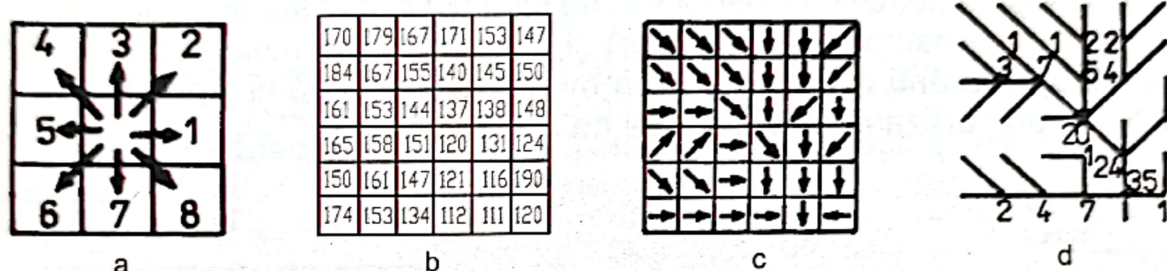


Fig. 12.4. Analiza scurgerii pe versanți utilizând metoda raster GIS:

- determinarea direcției de scurgere după una din cele 8 posibile;
- reprezentarea suprafeței terenului în model raster (cote medii);
- direcțiile de scurgere corespunzătoare gridului din (b);
- rețea de concentrare a scurgerilor echivalentă cu (c) și (d).

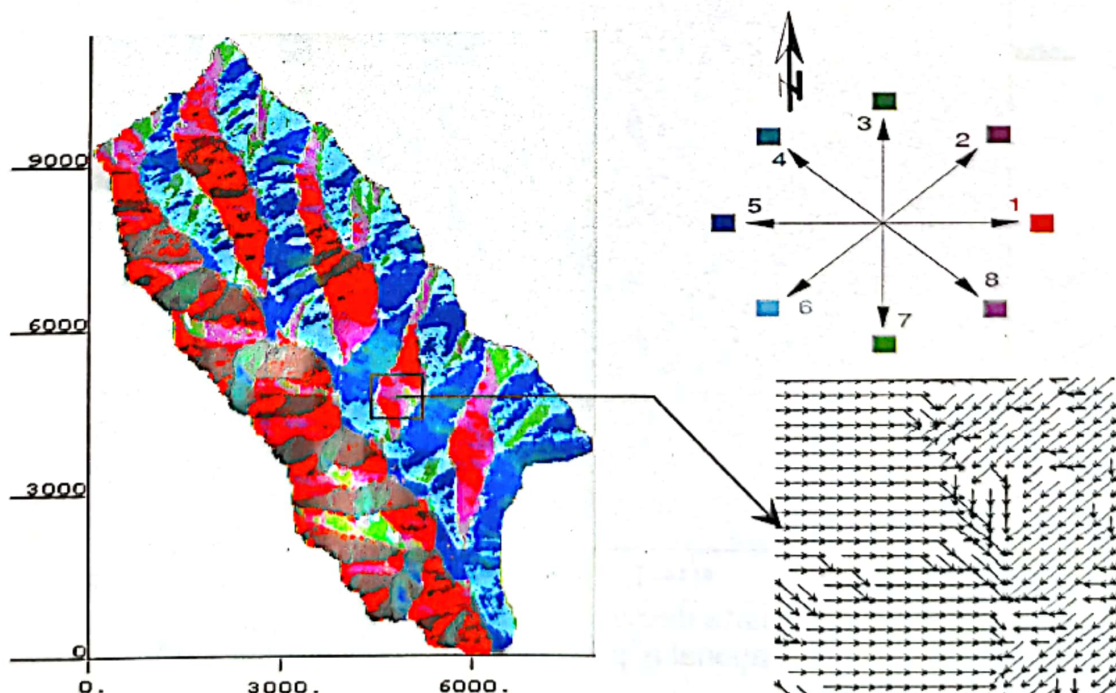


Fig. 12.5. Harta expoziției versanților. Stratul informațional al direcțiilor de scurgere, grupate pe coduri de culori asociate punctelor cardinale și reprezentare prin săgeți (detaliu), în b.h. Antohești („layer 2”).

Înclinarea terenului, i , a fost calculată pornind de la valoarea pantei i (exprimată în procente – %), după relația lui Wischmeier și Smith (Renard et al., 1996):

$$i = \frac{0,17 + 0,12i + 0,017i^2}{6,613}$$

Parametrul marcând lungimea versantului pe direcția pantei s-a determinat cu relația:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,14} \right)^m,$$

unde: λ este lungimea pantei în proiecție orizontală (m);

m – parametru cu valoarea variind între 0,3 și 0,6; s-a adoptat $m = 0,5$.

Calculul pantelor (gradientilor) și orientărilor s-a făcut după 8 direcții (fig.12.5), plecând de la altitudinea medie a pixelilor, ambii parametri fiind estimați prin utilizarea unei ferestre de 3×3 pixeli.

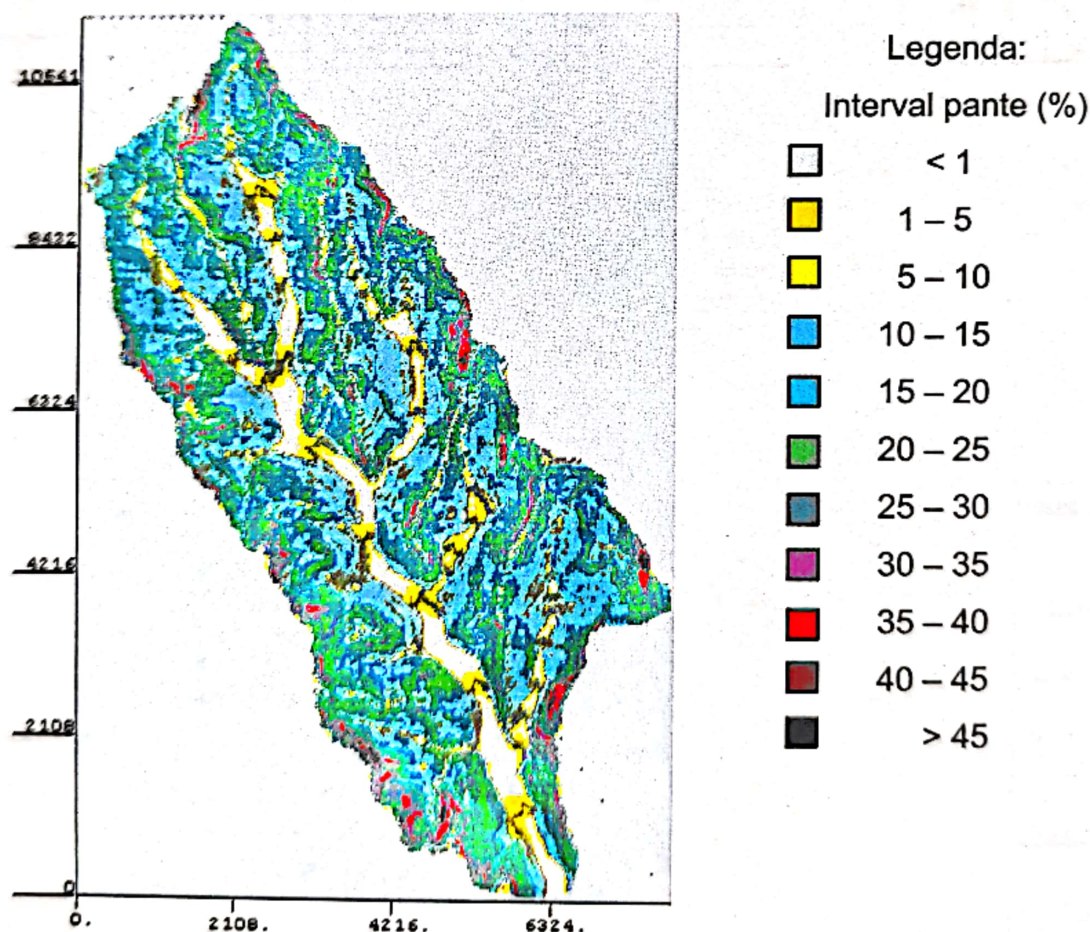


Fig. 12.6. Harta declivității reliefului în b.h. Antohești.
Stratul informațional al pantei medii a pixelilor („layer 3”).

Modelul matematic de prognoză a pierderilor de sol prin eroziune hidrică (E la ha):

$$E = K \cdot L^{0,4} \cdot i^{1,4} \cdot S \cdot C \cdot C_s \text{ (Wischmeier, Smith, 1978).}$$

unde: K reprezintă agresivitatea pluvială; în cadrul modelului matematic propus, se exprimă prin coeficientul de agresivitate pluvială a cărei valoare este o constantă pe cuprinsul bazinului hidrografic; $K = 0,15$ (conform zonării erozivității pe teritoriul României).

i – panta medie în lungul scurgerii (%);

L – lungimea în sensul scurgerii (m);

S – factor de corecție pentru erodabilitatea solului (adimensional),

C – factorul de influență a folosințelor, culturilor și lucrărilor solului (adimensional);

C_s – factorul de influență a măsurilor și lucrărilor de protecție și conservare a solului (adimensional).

Plecând de la planurile de situație ale folosințelor de pe versanți și ale solurilor, prin metode de topologie spațială au fost create următoarele straturi informaționale:

Layer 5 – Acoperirea versanților și managementul agricol;

Layer 6 – Factorul de erodabilitate al solurilor;

Layer 7 – Efectul măsurilor și lucrărilor de protecție și conservare a solurilor.

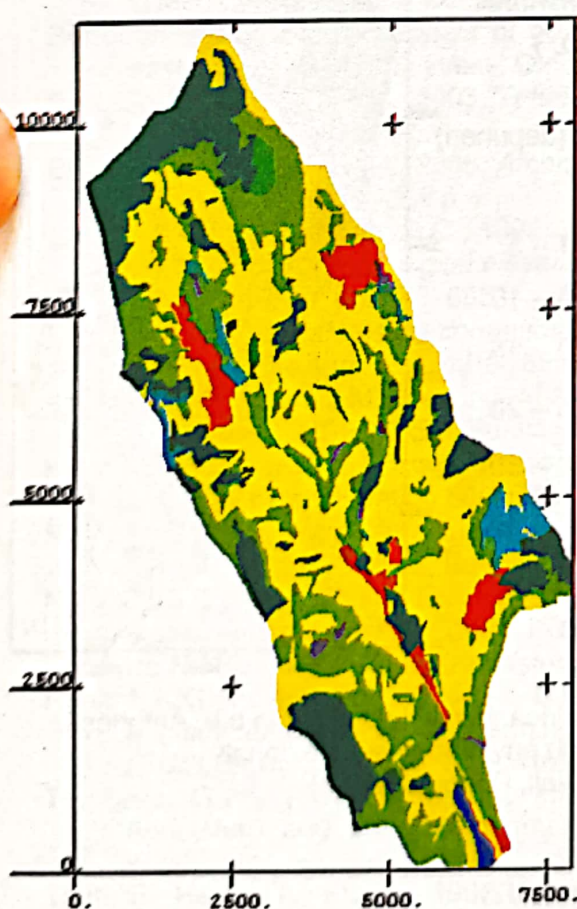


Fig. 12.7. Distribuția factorului C .
Stratul informațional „layer 5”.

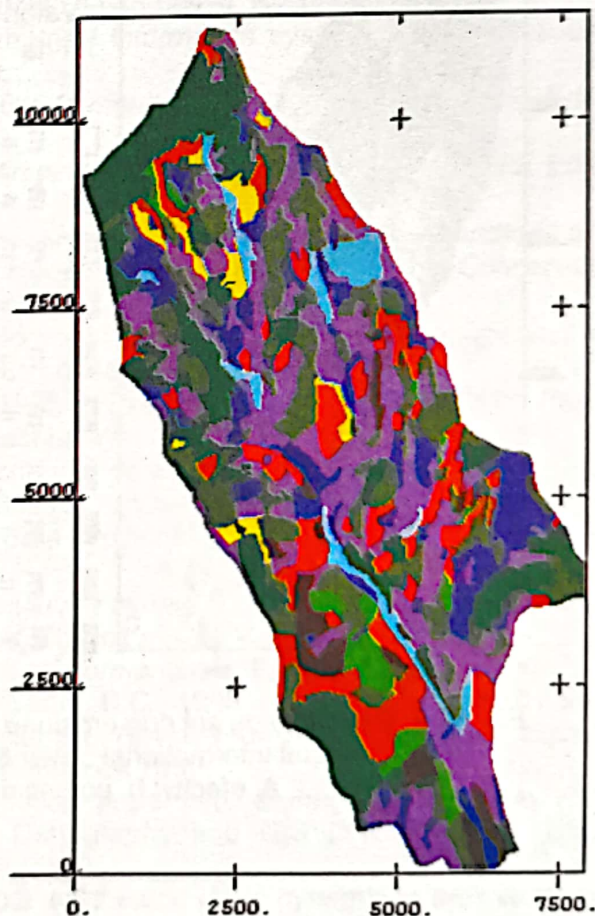


Fig. 12.8. Distribuția factorului S .
Stratul informațional „layer 6”.

Integrând cele 7 straturi enunțate mai sus, în ecuația USLE, sub software Geo-Graph, s-a obținut stratul informațional al riscului erozional (Layer 8) în două variante de simulare, respectiv *riscul efectiv* (determinat de acțiunea combinată a tuturor parametrilor din ecuația USLE) și *riscul potențial* (unde factorii care pot fi controlați în bazinul de recepție – layer 5 și layer 7 – nu s-au luat în considerare) (Biali, Popovici, 2002; Biali, Popovici, 2003; Tarhi *et al.*, 1997).

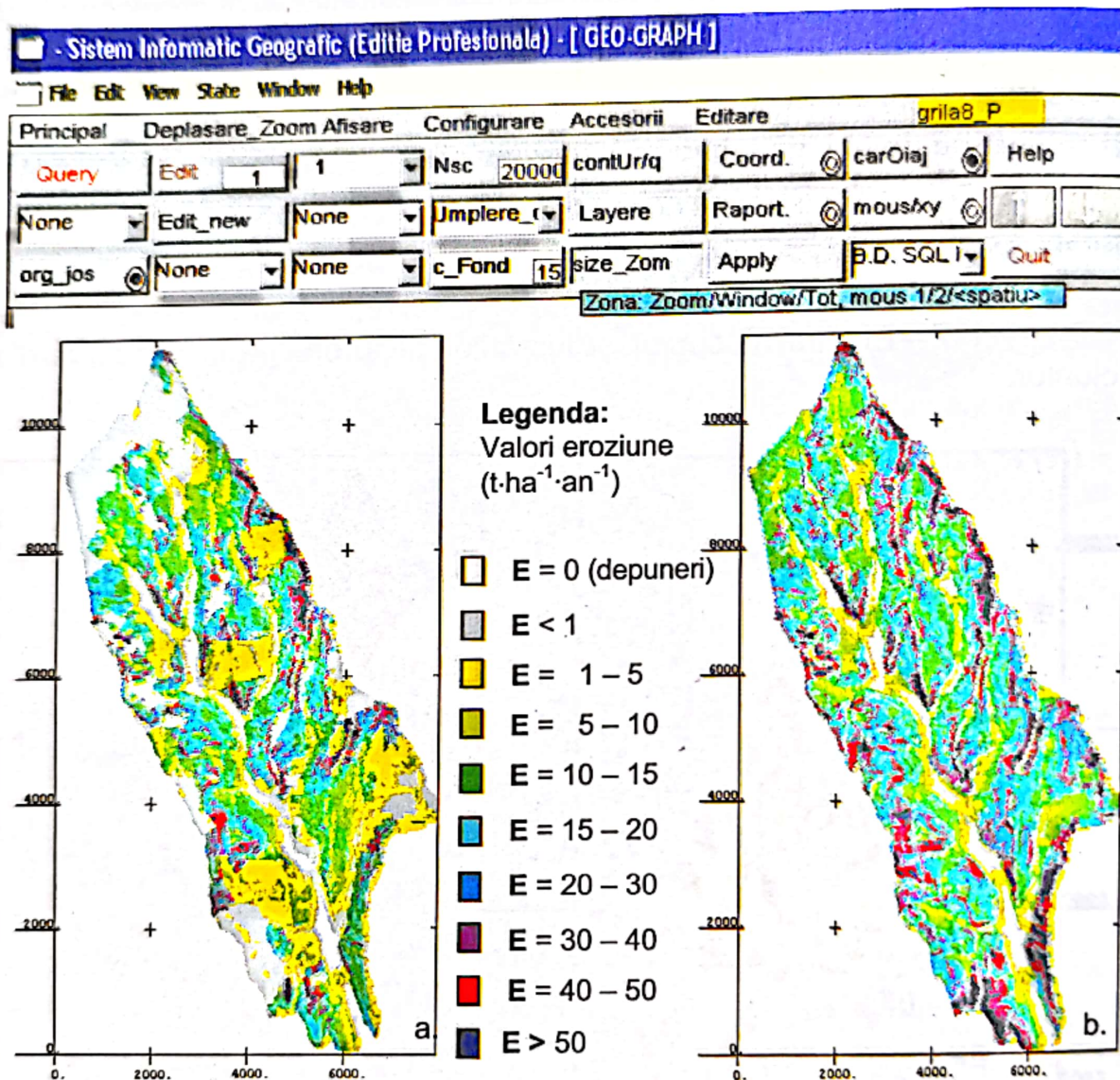


Fig. 12.9. Pierderile de sol prin eroziune hidrică, la nivel de pixel, în b.h. Antohești. Stratul informațional „layer 6” cu privire la riscul erozional: a. efectiv; b. potențial (Biali, Popovici, 2003).

12.4. CONCLUZII

În contextul condițiilor naturale și social-economice din România, utilizarea Sistemelor Informaționale Geografice (GIS) pentru monitorizarea spațio-temporală a evoluției degradării terenurilor prin eroziune și procese



asociate este o cerință de mare actualitate, justificată în primul rând de considerente economice și de rapiditatea cu care se obțin informațiile necesare luării în timp real a celor mai potrivite decizii pentru ameliorarea situației.

Creșterea preciziei cercetărilor întreprinse asupra degradării în timp a terenurilor prin eroziune cu ajutorul tehnicilor GIS, va putea fi realizată prin diversificarea metodelor de achiziție a datelor (incluzând fotogrametria și teledetecția), dezvoltarea și actualizarea permanentă a bazelor de date, dar și prin utilizarea unor modele matematice recente de simulare erozională, precum WEPP, EPIC, GRASS, AGPNS (Cachrane, Flanagan, 1999; Williams *et al.*, 1990).

BIBLIOGRAFIE

- Biali, Gabriela, Popovici, N., 1997, *Folosirea sistemelor informaționale geografice (GIS) pentru prognoza procesului de eroziune și planificarea măsurilor de conservare a solului*. Lucrări științifice, vol.40, Supliment, seria Agronomie, Universitatea Agronomică și de Medicină Veterinară Iași, pp.179–183.
- Biali, Gabriela, Popovici, N., 2002, *Aspecte privind preprocesarea datelor de tip atribut într-un GIS destinat evaluării potențialului erozional pe arii întinse. Studiu de caz*. În Volumul Sesiunii Științifice „150 ani de învățământ superior agricol”. Univ. de Științe Agronomice și Medicină Veterinară, Ed. BREN, ISBN 973-648-084-4, București, pp. 5–10.
- Burrough, P.A., 1986, *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Calderon Press, Oxford.
- Biali, Gabriela, Popovici, N., 2003, *Tehnici GIS în monitoringul degradării erozionale*. Editura „Gh.Asachi” Iași, 253 p.
- Biali, Gabriela, Popovici, N., 2006, *Amenajări pentru protecția și conservarea solului*. Editura Performantica, Iași, 358 p.
- Cachrane, T.A., Flanagan, D.C., 1999, *Assessing water erosion in small watersheds using WEPP with GIS and digital elevation models*. Journal of Soil and Water Conservation, Fourth Quarter, pp. 678–685.
- Caloz, R., 1993, *Système d'information géographique I et II*. Institut D'amanagement des Terres et des eaux. Ecole Polytechnique Lausanne.
- Flanagan, D., Laflen, J.M., Nearing, M.A., 1995, *WEPP – Water Erosion Prediction Project*. USDA, ARS, NSERL, Soil Buiding West Lafayette, Indiana.
- Kwong, Fai, A.Lo., 1995, *Erosion assessment of large watersheds in Taiwan*. Journal of Soil and Water Conservation 50(2), pp. 180–183.
- Moșoc, M., 1983, *Ritmul mediu de degradare erozională a teritoriului României*. Buletin Informativ ASAS, nr. 12, București.
- Nour, D. (Editor), 2004, *Eroziunea Solului. Esența, consecințele, minimalizarea și stabilizarea procesului*. Editura Pontos, Chișinău.
- Popovici, N., Biali, Gabriela, 2000, *Sisteme geoinformaționale*. Editura „Gh. Asachi” Iași.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, D.K., Yader, D.C., 1996, *Predict soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revides Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA – ARS, Agricultural Handbook 703.
- Te, Selle, G.W., 1984, *Geographic information system for Managing Resources (GIS)*. Agriculture and the Environnment, Cartography and GIS Division, SCS, USDA, Washington.
- Thari, S., Harnza A., Sfar F., 1997, *Contribution al étude de la dynamique erosive dans le bassin versant de l'oued ettiour (Region de Haffouz–Tunisie Centrale)*. Bull. Du Réseau Erosion. ORSTOM, Montpellier – France.
- Ursu, *et al.*, 1997, *Corelația caracteristicilor cartografice și analitice a solurilor în SIG*. Analele Științifice ale Universității „Al.I.Cuza” Iași, Supliment, Tom. XLII – XLIII, pp. 81–84.

- Williams, J., Benson, V., Jones, A., Duke, P., 1990, *EPIC – Erosion Productivity Impact Calculator. 1 – Model Documentation. 2 – User Manual*, USDA – ARS, Technical Bulletin No.1768.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978, *A universal soil loss equation to guide conservation from planning*. Inst. Congr. Soil. Trans. 7, pp. 418–425, U.S.A.

MONITORING OF EROSION AND LAND DEGRADATION USING GIS TECHNIQUES. CASE STUDY

ABSTRACT

This study presents the GIS techniques referring to the evolution of the process of degradation of the territory by erosion in the hydrological basin of Antohești which is situated in the superior basin of Berheci River, in Bacău County. On a surface of 3,963 ha, the relief is strongly fragmented, presenting a relief energy of around 330 m with average slopes over 15%. The slopes are affected by erosion and by active sliding. The most popular soils are chernozem and brown soils; concerning the distribution of the land, it is: 47.2 % arable, 26.78 % pasture and 16.8% forest.

The choice for this hydrographic basin is motivated also by the fact that there was the possibility of validating of the results obtained by simulation and comparing them to the measurements of the alluvial deposits in the Antohești accumulation (situated at the exit of the receiving basin).

In our project, the geo-characteristic data is represented as layers. This facilitated the analysis of spatial variables, the distribution of the objects on the studied surfaces and the overall analysis of the information obtained, which supposes that the simultaneous approach of more layers could be carried out using the "overlay" technique.

The general chart of all the steps covered in this project (for the theme mentioned above) is presented in figure 12.1. Along the application, we used a Romanian GEO-GRAPH software GIS type, specialized for the operations with digital maps and for the interrogations of databases. The mathematical model used to determine the damage of the soil is based on the USLE (Universal Soil Loss Equation), equation under the usual form from Romania.

In order to set up the geo-characteristic database included in the equation already mentioned above, we used the raster process defined as the superposition over the documentation of maps of a rectangular chart of squared cells calculated 25x25. In this way, the calculation of water erosion in the basin already studied was made on approximately 190,000 cells.

In a first stage we created informational layers regarding the relief of the territory as the information about relief is essential for the formational process of erosion of the slopes.

Key words: Geographic Information Systems, Monitoring erosional and torrential process, layer.

13. PERSPECTIVE ÎN STUDIUL STATISTIC AL PARAMETRILOR BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE, BAZATE PE FACILITĂȚILE OFERITE DE SISTEMELE DE INFORMAȚII GEOGRAFICE

ION-CĂTĂLIN PETRIȚAN¹, IOAN CLINCIU²

13.1. LIMITELE ABORDĂRILOR DE TIP CLASIC

Modalitatea clasică de abordare a studiului statistic al parametrilor morfometrici și morfohidrologici este aceea de a considera ca unitate statistică bazinul hidrografic, luat în ansamblu acestuia, de la cumpăna apelor și până la confluența cu pâraul colector (Clinciu, 1981, 1983; Munteanu *et al.*, 1991; Petrițan, 2002, 2008). Colectivitatea statistică este alcătuită în acest caz din bazinete. Într-o astfel de abordare:

- unii dintre parametrii morfometrici se determină cu valori unice, asociate întregului bazin (suprafața, perimetrul, indicii de formă, lungimea rețelei etc.);
- pentru alți parametri se determină, pentru nevoi de proiectare, tot o valoare unică, dar care este o medie la scara întregului bazin (altitudinea medie, panta medie, lungimea medie a versanților etc.); în realitate și altitudinea și panta variază de la un punct la altul în cuprinsul bazinului, iar această variabilitate implică evident și o variabilitate a parametrilor morfohidrologici (timpul de concentrare etc.).

*Modelarea și simularea hidrologică trebuie să ia în considerare și această variabilitate. Or, folosirea materialelor cartografice tradiționale pentru determinarea parametrilor morfometrici (implicit și a celor hidrologici) nu oferă posibilitatea unei astfel de maniere de abordare. Prin apariția, dezvoltarea și aplicarea sistemelor de informații geografice (GIS), aceste limite pot fi depășite (Biali, Popovici, 2003; Păcurar, 2001, 2005; Tamaș *et al.*, 2005, 2006).*

13.2. FACILITĂȚI STATISTICO-MATEMATICE ALE SISTEMELOR DE INFORMAȚII GEOGRAFICE

Dintre instrumentele, funcțiile și modulele special concepute și integrate în sistemele de informații geografice (GIS), care permit atât

¹ Asistent universitar, doctor inginer, matematician, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania Brașov

² Profesor universitar, doctor inginer, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania Brașov



determinarea automatizată a parametrilor luați în studiu, cât și furnizarea de informații statistice referitoare la aceștia, menționăm funcțiile: „*calculated values*”, „*field calculator*”, „*classification*”, „*histogram*”, „*zonal statistics*”, „*statistics*”, „*summary statistics*”, „*identify*”, „*symbolology*” etc.

Facilitățile statistico-matematice ale sistemelor de informații geografice sunt reprezentate de posibilitățile pe care ni le oferă aceste funcții/module. Spre exemplu, prin apelarea funcției „*field calculator*” se deschide fereastra „*Field Calculator*”, care este un mediu de calcul și analiză asupra câmpurilor de valori din bazele de date. Prin introducerea în acest mediu digital de calcul a formulelor sau secvențelor de program VBA (*Visual Basic for Application*), care definesc indicatorii analizați, are loc afișarea automată a rezultatelor determinărilor.

Funcția „*zonal statistics*” permite calculul unor indicatori statistici pentru fiecare zonă a unui set de date, pe baza valorilor dintr-un alt set de date. Funcția generează automat un tabel de date în care sunt oferite, pe lângă valoarea medie, și numărul de pixeli, aria pixelilor, valorile maximă și minimă, amplitudinea și abaterea standard.

Un alt exemplu este reprezentat de funcția „*statistics*”, care, printr-o facilitare de apelare rapidă, pune la dispoziția utilizatorului o serie de indicatori statistici ai distribuției experimentale, printre care: media aritmetică și abaterea standard. Această funcție se poate aplica asupra oricărei coloane din banda asociată tipului de layer (strat), precum și asupra unuia sau mai multor câmpuri din baza de date.

Funcția „*summary statistics*” oferă în plus și informații cu privire la amplitudinea de variație. Pentru aceste ultime două funcții, indicatorii statistici sunt puși la dispoziția operatorului sub formă tabelară.

Prin aplicarea asupra modelului TIN (rețea de triunghiuri neregulate) a funcției „*classification*” se poate citi direct nu numai valoarea medie a unui parametru, ci și amplitudinea de variație și abaterea standard pe care le prezintă acesta. Mai mult decât atât, se pot vizualiza și se pot analiza histogramele de frecvență ale parametrului, cu toate avantajele metodologice care decurg din această operație. Funcția amintită oferă, de asemenea, posibilitatea clasificării și reclasificării datelor, important fiind aici și avantajul de a realiza aceste operații pe baza mai multor metode: după intervale de clasă definite, în intervale de clasă egale, metoda quantilelor, metoda abaterii standard. În plus, un alt indicator statistic important (mediana) este pus și el la dispoziție. Totodată, funcția „*classification*” permite crearea de eșantioane statistice prin includerea sau excluderea anumitor valori din întregul set de date.

Pe de altă parte, din modulul „*Geostatistics*” se poate apela funcția „*histogram*”, care, pe lângă faptul că furnizează alți câțiva indicatori statistici de mare interes (asimetria, excesul și quartilele), oferă și posibilitatea de ajustare, de către operator, a numărului de clase în care se grupează datele.

În sfârșit, funcțiile „*identify*” și „*symbolology*” sunt foarte importante în determinarea valorilor unui parametru în anumite puncte de calcul, respectiv în redarea datelor sub formă de hărți.

13.3. VARIABILITATEA SPAȚIALĂ A PARAMETRULUI ALTITUDINE, ABORDATĂ PE BAZA FACILITĂȚILOR STATISTICO-MATEMATICE ALE SISTEMELOR DE INFORMAȚII GEOGRAFICE

13.3.1. CONSIDERAȚII INTRODUCTIVE

Pentru evidențierea facilităților statistico-matematice oferite de sistemele de informații geografice, s-a ales *Valea Tămașului*, un bazin din partea inferioară a Bârsei Groșetului (B.H. Olt, județul Brașov). Am optat pentru acest bazin din mai multe motive:

- în primul rând, pentru că am dispus, aici, de modelul digital al terenului;

- în al doilea rând, pentru că acest bazin a fost pe larg studiat în cadrul temei „*Cercetări privind posibilitățile de utilizare a sistemelor de informații geografice (GIS) în fundamentarea hidrologică a proiectării lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torențiale*” (Beneficiar: Regia Națională a Pădurilor - ROMSILVA. Responsabili: prof.dr.ing. Ștefan Tamaș, prof.dr.ing. Ioan Clinciu, 2004–2006);

- în sfârșit, pentru că Valea Tămașului este bazinul component cel mai extins în suprafață din Bârșa Groșetului, el prezentând și o formă în plan cu totul atipică, consecință a sprijinirii sale pe abruptul stâncos al masivului Piatra Craiului.

Din considerente de ordin metodologic, studiul nostru de caz s-a rezumat numai la un singur parametru: *altitudinea*.

13.3.2. STUDIUL DISTRIBUȚIILOR DE FRECVENȚĂ ALE PARAMETRULUI ALTITUDINE OBTINUTE PRIN INTERMEDIUL FACILITĂȚILOR OFERITE DE SISTEMELE DE INFORMAȚII GEOGRAFICE

Modelul digital al terenului – sursa distribuțiilor de frecvență a pixelilor

Pentru acest subcapitol, s-a utilizat ca fundament de lucru *modelul digital al terenului (DTM)* realizat în cadrul temei de cercetare amintite mai înainte.

Modelul, redat în figura 13.1, a fost construit prin folosirea unei metode de interpolare a punctelor de cotă cunoscută, rezultând, astfel, o *image de tip raster (matrice de pixeli)* în care fiecare pixel are două caracteristici: prima constă din *dimensiunea pixelului* (în cazul de față pixel cu latura de 5 metri), cea de-a doua redă *valoarea cotei în centrul de greutate al pixelului*.

Pentru a putea fi vizualizat sub o formă grafică mai expresivă (volumetrică), acest raster s-a convertit într-o rețea de triunghiuri neregulate (TIN), modelul digital astfel obținut redând „*arhitectura orografică*” a bazinului, exprimată tocmai de variația parametrului altitudine. A se observa că, peste acest model (fig. 13.1), s-a suprapus și rețeaua hidrografică (în format raster).

Distribuția pixelilor pe trepte altitudinale, la întreaga scară a bazinului (distribuția „bazinală”)

Trecând la studiul parametrului morfometric altitudinea, pe baza modelului digital al terenului, am realizat o nouă variantă a acestuia (fig. 13.2), apelând la *clasificarea pixelilor pe clase altitudinale*. Rezultatul este redat prin intermediul unei largi palete de culori, cele 50 de fâșii (benzi) din imagine (greu de perceput cu ochiul liber, la această scară) având limitele echidistante din punct de vedere altitudinal.

Mai departe, cu ajutorul funcției „*classification*” din aplicația ArcMap-ArcGIS 9.1, aplicând metoda de clasificare bazată pe intervale egale („*Equal Interval*”), s-a obținut *histograma de frecvență a pixelilor* (fig. 13.8). Ea reprezintă altitudinea în cazul grupării pixelilor într-un număr de 50 de clase de mărime egală.

În fereastra apărută, corespunzătoare histogramei, sunt redată în partea superioară dreapta, o serie de indicatori statistici: mărimea colectivității exprimată de numărul pixelilor, valoarea minimă, maximă și media aritmetică a altitudinii, precum și abaterea standard. Este de precizat că valorile acestor indicatori au rezultat nu din analiza valorilor grupate în clase altitudinale, ci din analiza valorilor individuale.

După cum se poate ușor observa în histograma din figura 13.8, avem de-a face cu o distribuție ce prezintă asimetrie pronunțată. Prezintă interes *două variante de abordare a analizei* pentru această distribuție și anume: (1) – așa cum este ea configurată în captura de imagine (puternic asimetrică și bimodală) și (2) – prin divizarea ei în două distribuții distincte, unimodale. Acest mod de tratare se justifică cu atât mai mult cu cât *ramura din dreapta este consecința formei atipice a bazinului luat în studiu* (este vorba de abruptul stâncos al masivului Piatra Craiului, pe care se sprijină obârșia Văii Tamașului).

În figura 13.3 este redată atât distribuția reală a datelor extrase de pe histograma oferită de sistemele de informații geografice, cât și cele trei distribuții teoretice (normală, Beta și Charlier – tip A) cu care s-a încercat ajustarea acesteia.

Tot în cadrul primei opțiuni de analiză a distribuțiilor de frecvență a pixelilor (distribuția bazinală), am încercat ca, prin reducerea numărului de clase de grupare de la 50 la 25 (într-o primă etapă) și apoi la 10 clase (într-o a doua etapă), să surprindem efectul acestei operații atât asupra principalilor indicatori statistici, cât și asupra modului de ajustare după cele trei distribuții teoretice luate în considerare.

În figurile 13.4, 13.5 și 13.9 sunt redată modelul digital al terenului, histograma de frecvențe asociată, precum și reprezentarea grafică a distribuțiilor (reale și ajustate) pentru cazul grupării pixelilor în 25 de clase altitudinale. Remarcă importantă: numărul de clase scăzând la jumătate, benzile altitudinale încep a deveni mai ușor perceptibile pe cale vizuală (fig. 13.4).

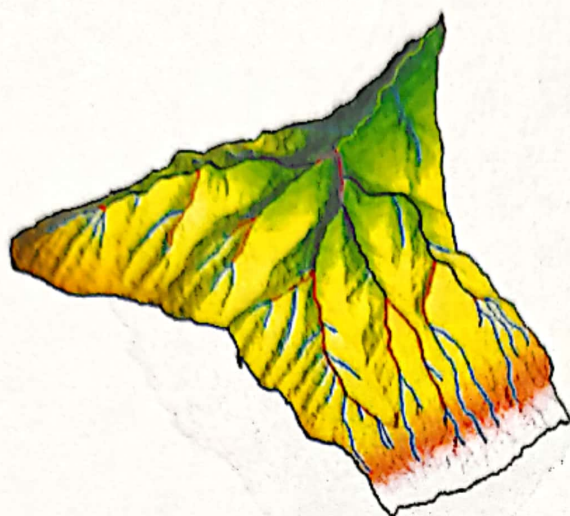


Fig. 13.1. Modelul Digital al Terenului (DTM), pentru bazinul Valea Tămașului.

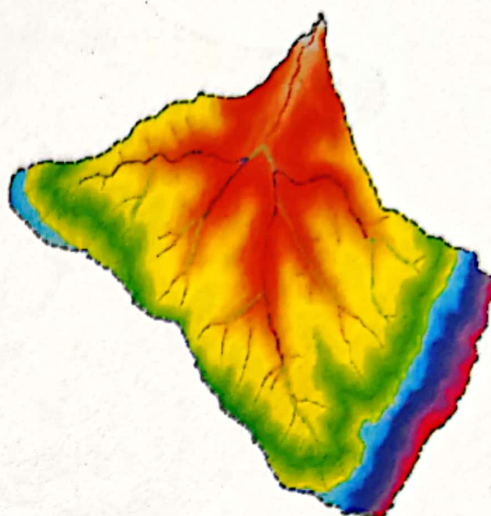


Fig. 13.2. Modelul digital al terenului, cu gruparea pixelilor pe 50 de clase altitudinale.

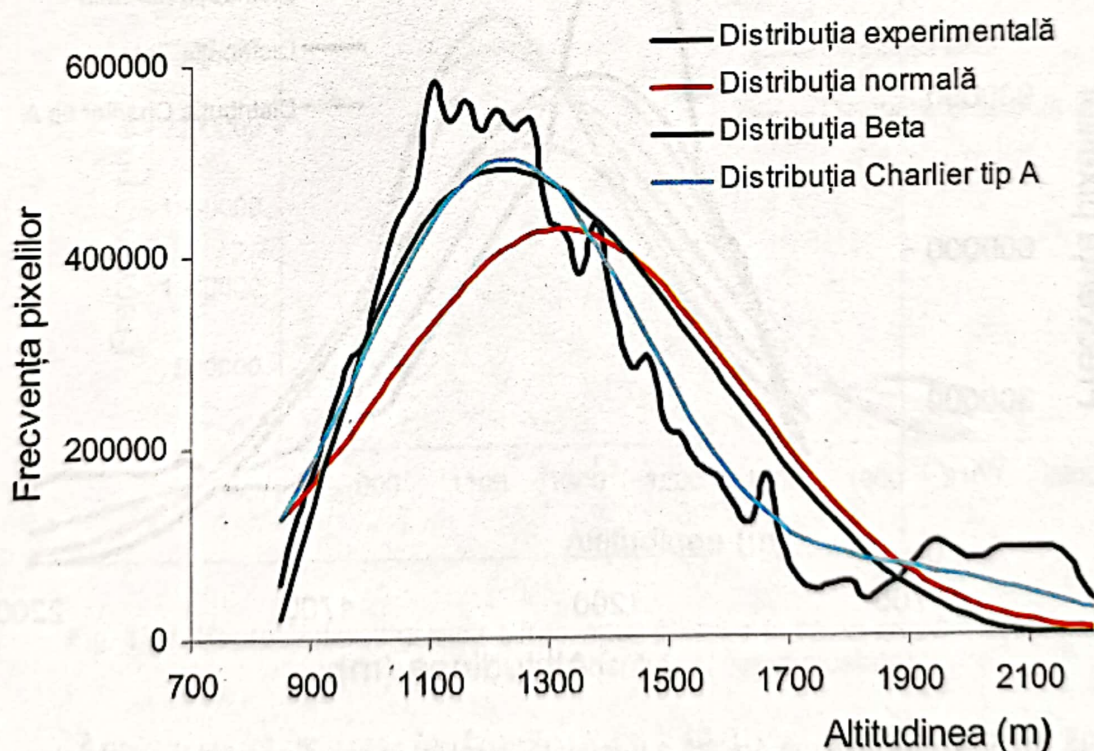


Fig. 13.3. Reprezentarea grafică a frecvenței pixelilor în cazul grupării în 50 de clase altitudinale (valori experimentale și valori ajustate).

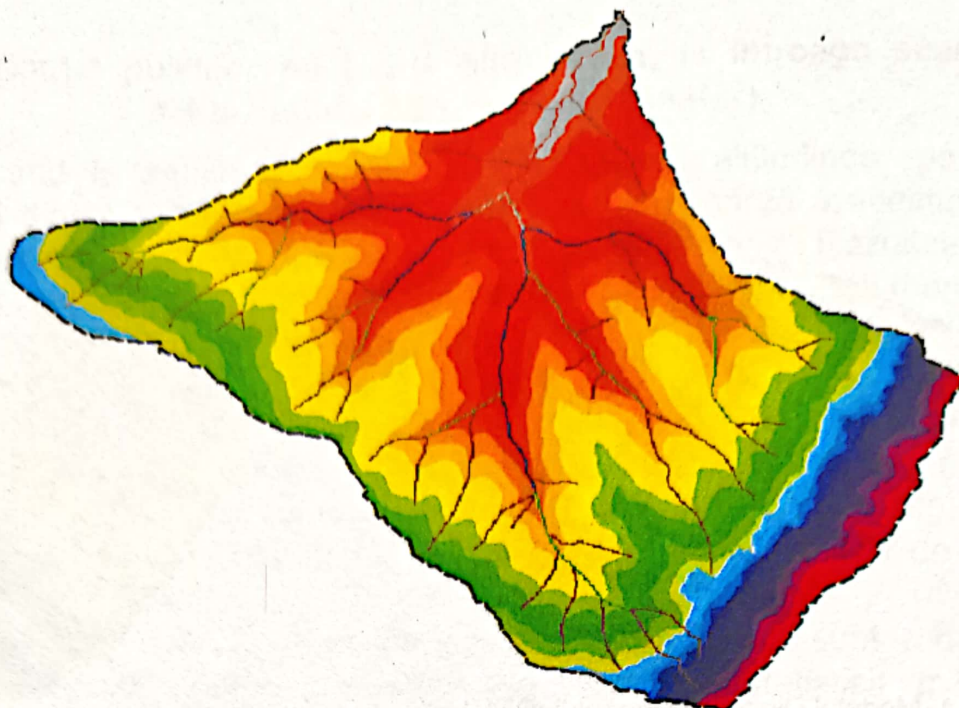


Fig. 13.4. Modelul digital al terenului, cu gruparea pixelilor pe 25 de clase altitudinale.

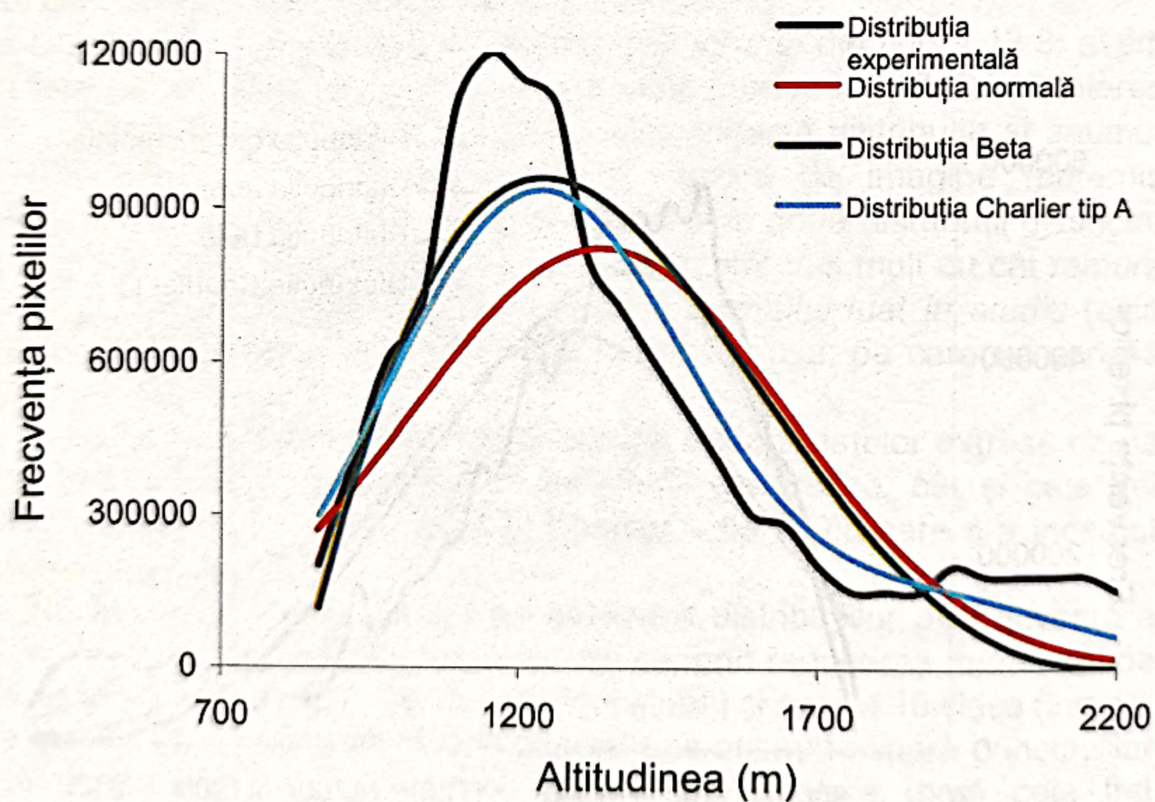


Fig. 13.5. Reprezentarea grafică a frecvenței pixelilor în cazul grupării în 25 de clase altitudinale (valori experimentale și valori ajustate).

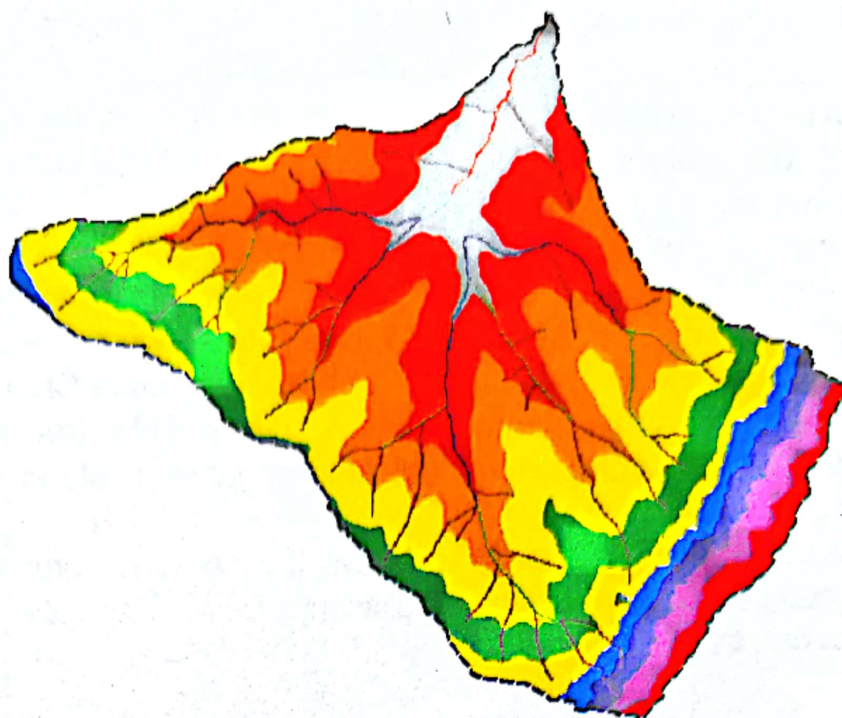


Fig. 13.6. Modelul digital al terenului, cu gruparea pixelilor pe 10 clase altitudinale.

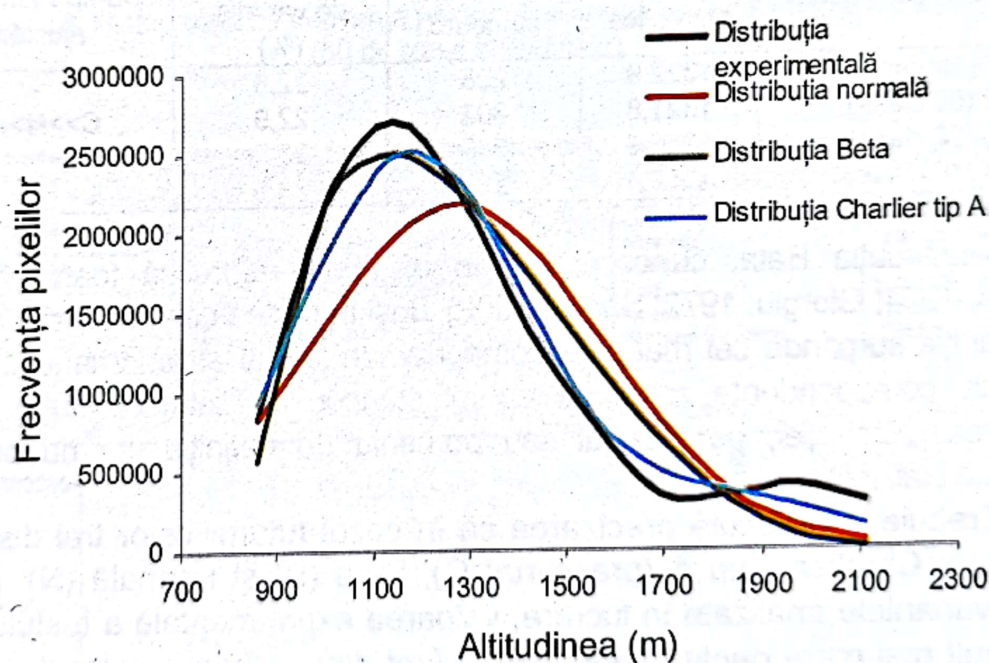


Fig. 13.7. Reprezentarea grafică a frecvenței pixelilor în cazul grupării în 10 clase altitudinale (valori experimentale și valori ajustate).

Analog, sunt redată în figurile 13.6, 13.10 și 13.7 aceleași tipuri de elemente, însă de data aceasta pentru cazul grupării pixelilor pe un număr și mai redus de clase (10). Imaginea digitală obținută (fig. 13.6) este mult mai ușor de vizualizat, atât datorită numărului mai redus de culori, cât și datorită creșterii ariei benzilor în care s-au regрупat pixelii.

Pe baza datelor cuprinse în tabelul 13.1, pot fi remarcate următoarele aspecte:

- media aritmetică a prezentat, în cazul grupării pe numărul cel mai mare de clase (50), o valoare egală cu cea rezultată pentru datele negrupate, o valoare puțin mai mare pentru varianta cu 25 de clase și una inferioară pentru gruparea pe un număr mic de clase (10);

- coeficientul de variație crește ușor pentru toate cele trei variante de grupare, fără a exista o tendință clară de evoluție în raport cu numărul de clase;

- pentru toate cele trei variante de grupare, distribuția Charlier – tip A s-a dovedit a fi distribuția teoretică care, dintre cele trei examinate, surprinde cel mai bine comportamentul fenomenului, ajustând cu succes distribuția experimentală;

- distribuția normală ajustează colectivitățile de pixeli grupate pe 50, respectiv 25 clase altitudinale, în timp ce distribuția Beta nu permite ajustarea în nici unul dintre cele trei cazuri;

Tabelul 13.1

Valorile indicatorilor statistici și informații privind ajustarea distribuției „bazinale”

Varianta pe studiu	Media aritmetică	Abaterea standard	Coeficientul de variație (%)	Comportamentul ajustării
1 (negrupat)	1322,9	298	22,6	-
2 (50 clase)	1321,8	302	22,9	C>>N>>B
3 (25 clase)	1335,6	315	23,6	C>>N>>B
4 (10 clase)	1269,4	298	23,5	C>>N>>B

- distribuția Beta, cunoscută ca o distribuție teoretică foarte flexibilă (Chițea, 1994; Giurgiu, 1972; Sachs, 2002), deși în partea centrală a domeniului de definiție surprinde cel mai bine comportamentul real al fenomenului, totuși abaterile corespundente zonei de abrupt stâncos al Piatrei Craiului fac ca ajustarea distribuției, pe întregul său domeniu de definiție, să nu poată fi dovedită statistic.

Trebuie însă făcută precizarea că în cazul tuturor celor trei distribuții teoretice: Charlier – tip A (prescurtat C), Beta (B) și normală (N), pentru toate variantele analizate în lucrare, valoarea experimentală a testului χ^2 a fost mult mai mare decât cea teoretică, fapt datorat frecvențelor de ordinul zecilor/sutelor de mii de pixeli. Însă reprezentarea grafică simultană a distribuției experimentale și a celor teoretice ne-a arătat că distribuția Charlier, distribuția Beta, chiar și distribuția normală în unele cazuri, îmbracă destul de bine distribuția experimentală. De aceea, am convenit ca, mai departe, în studiul comportamentului distribuțiilor experimentale la ajustarea lor după diferite distribuții teoretice, să vorbim nu de distribuții de frecvență a pixelilor, ci despre distribuții de frecvență a *sutelor de mii de pixeli*, respectiv a *sutelor de pixeli*.

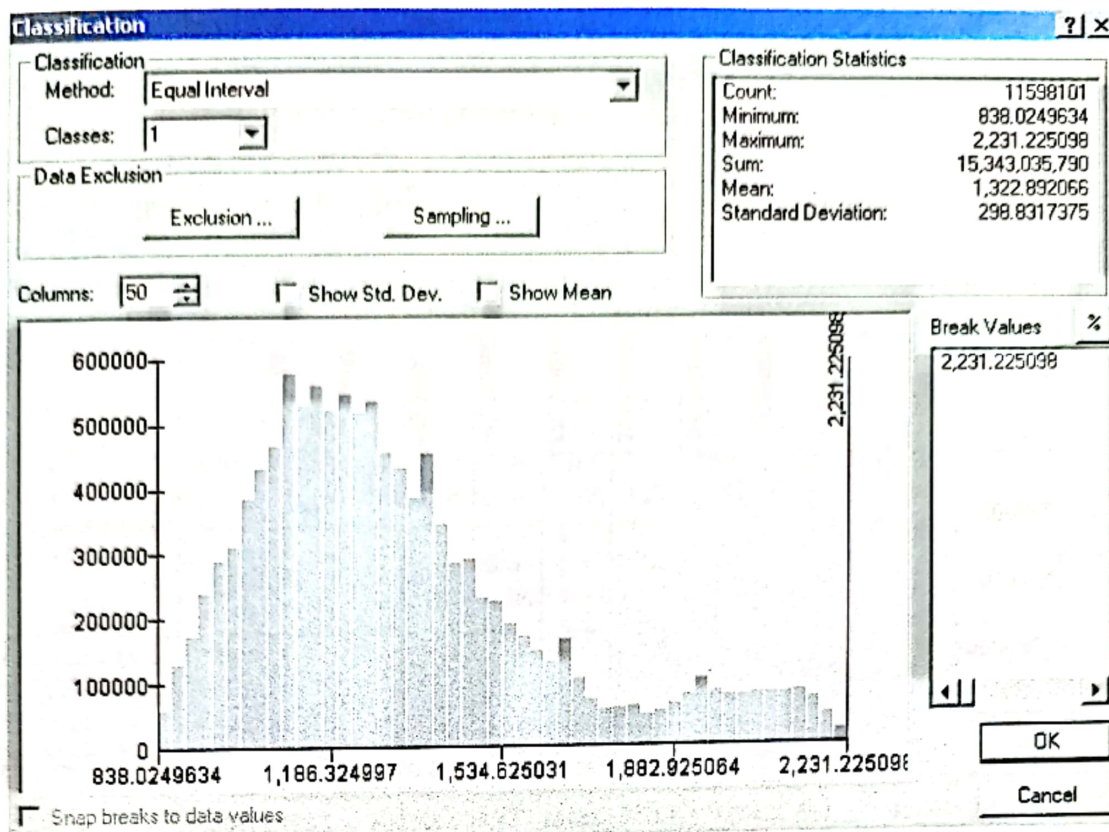


Fig. 13.8. Histograma de frecvență pentru pixelii reprezentând valorile altitudinii (50 de clase altitudinale).

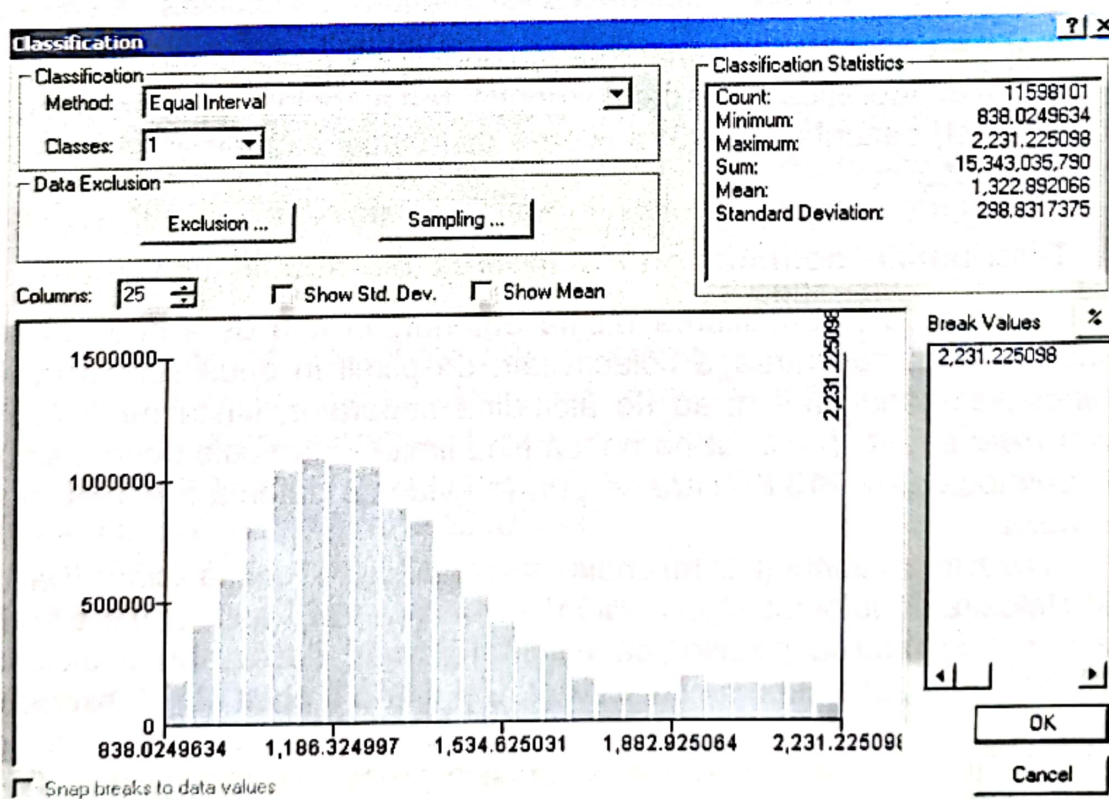


Fig. 13.9. Histograma de frecvență pentru pixelii reprezentând valorile altitudinii (25 de clase altitudinale).

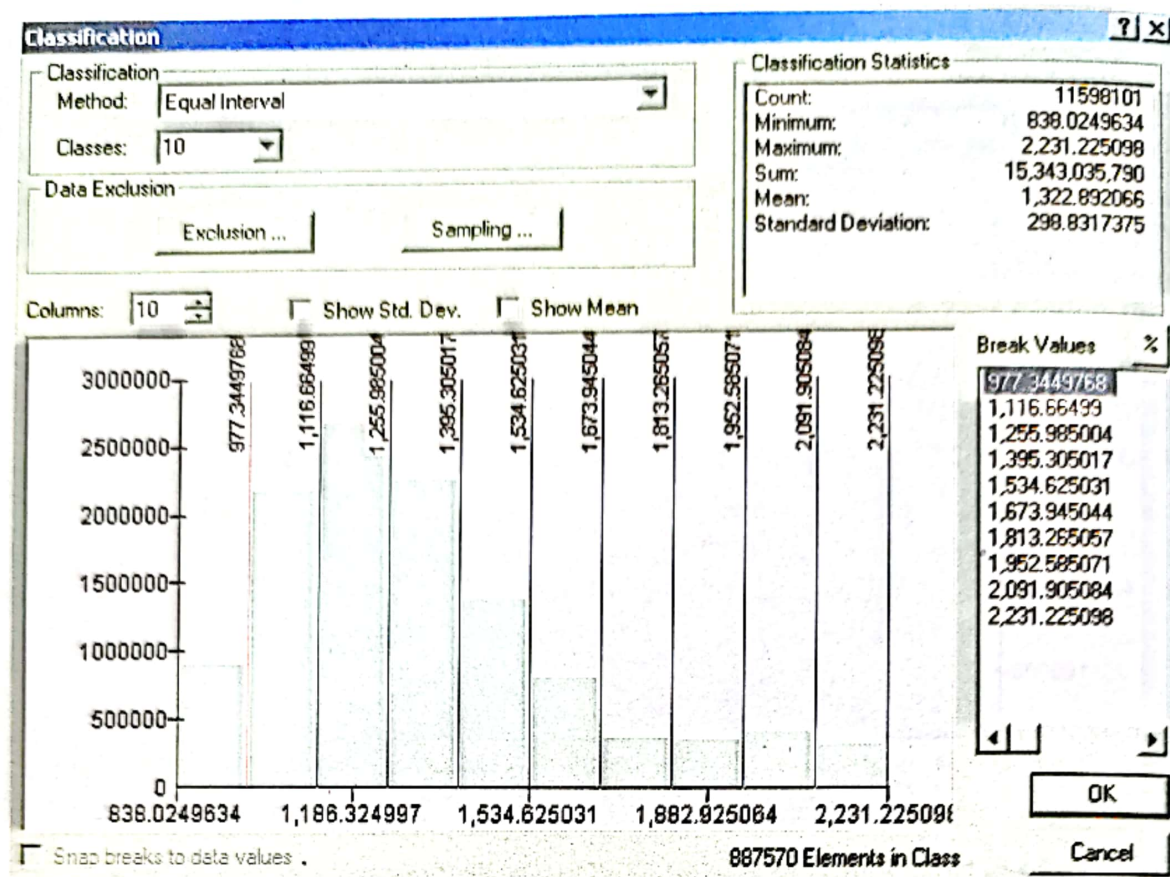


Fig. 13.10. Histograma de frecvență pentru pixelii reprezentând valorile altitudinii (10 clase altitudinale).

Simbolul „>>” folosit în câmpul tabelului 13.1 arată gradul de abatere al distribuției teoretice față de distribuția reală, boldat fiind marcate, în același tabel, cazurile în care ajustarea distribuției experimentale a și fost dovedită statistic.

Distribuțiile obținute prin scindarea distribuției „bazinale”

Pornind de la precizarea făcută anterior, în cea de-a doua parte a analizei am divizat întreaga colectivitate de pixeli în două subcolectivități distincte, alegând ca și prag de altitudine separator, limita de 1 785 m. Acest nivel a fost identificat de noi ca fiind limita dintre cele două distribuții noi, unimodale (fig. 13.8), care se pun în evidență datorită formei atipice a bazinului.

Divizarea distribuției „bazinale” s-a realizat cu funcția „classification”, prin folosirea butonului „exclusion”. S-a realizat, astfel, într-o primă variantă, excluderea pixelilor cu valori mai mari decât nivelul altitudinal de 1 785 m (rezultând prima colectivitate), și, într-o a doua etapă, excluderea pixelilor cu valori mai mici decât pragul de 1 785 m (rezultând a doua colectivitate). Datele folosite pentru analiza primei colectivități (<1 785 m) sunt prezentate în setul cu cele trei tipuri de figuri deja introduse din partea anterioară a studiului (fig. 13.11–13.13). Pentru cea de-a doua colectivitate (>1 785 m), rezultatele sunt evidențiate prin figurile 13.14 și 13.15.

Nici de această dată, procesul de grupare a pixelilor pe clase nu a condus la o modificare semnificativă a mediei aritmetice și nu a influențat în mod vizibil nici variabilitatea (exprimată atât prin abaterea standard cât și prin coeficientul de variație) (tabelul 13.2), iar distribuția Charlier – tip A se menține, din nou, pe prima poziție în ceea ce privește gradul de apropiere față de distribuția reală. Pentru varianta de grupare a pixelilor pe 10 clase altitudinale, distribuția experimentală se ajustează după toate cele trei distribuții teoretice considerate.

Tabelul 13.2

Valorile indicatorilor statistici și informații privind ajustarea distribuțiilor obținute prin scindarea distribuției „bazinale”

Varianta de studiu	Media aritmetică	Abaterea standard	Coeficientul de variație (%)	Comportamentul ajustării
Negrupat și altitudine <1 785 m	1249,5	205	16,4	–
20 de clase și altitudine <1 785 m	1248,9	207	16,6	C>>N>>B
Negrupat și altitudine >1 785 m	2003,9	116	5,8	–
10 clase și altitudine >1 785 m	2004,4	115	5,7	C>>N>>B

Cu toate acestea, dacă se face comparație cu distribuția inițială („bazinală”, analizată în prima parte a studiului), putem observa că, în urma divizării acesteia, *au rezultat două colectivități de pixeli mult mai omogene*, fapt demonstrat de reducerea simțitoare a coeficientului de variație, de la 22–23% ajungându-se la circa 16% în cazul colectivității de pixeli cu altitudinea mai mică de 1 785 m, respectiv la aproximativ 6% pentru populația constituită din pixelii a căror altitudine este mai mare de 1 785 m.

Distribuția pixelilor în interiorul unei benzi altitudinale

De menționat că, până aici, discuțiile s-au purtat atât la scara bazinului cât și la scara celor două zone caracteristice ale acestuia (delimitate după configurația distribuției de frecvență). Se poate pune însă și întrebarea: *ce legitate urmează distribuția de frecvență a pixelilor în interiorul unei anumite benzi altitudinale?*

Pentru a răspunde și la această întrebare, am ales benzile care sunt indicate în figura 13.16, prima fiind situată în afara abruptului stâncos al Pietrei Craiului (între 1 116 și 1 255 m), iar cea de a doua chiar în arealul acestui abrupt (între 1 813 și 1 952 m).

Pentru a se realiza divizarea distribuției generale și a se ajunge la acest tip de distribuție, s-au parcurs succesiv următoarele etape:

- clasificarea DTM-ului în 10 intervale de clasă egale;
- transformarea valorilor altitudinale din „float” în „integer”;

- reclasificarea valorilor pixelilor din interiorul fiecărei fâșii prin atribuirea unui cod unic pentru toți pixelii din acest areal;
- conversia acestui strat din raster în vector de tip poligon, rezultând astfel 10 poligoane;
- folosirea funcției „*extract by mask*” pentru extragerea din DTM numai a acelor pixeli care sunt incluși în limitele fâșiei alese de operator (în cazul nostru, 1 116–1 255 m și 1 813–1 952 m);
- folosirea funcției „*histogram*” din modulul „*geostatistics*” pentru crearea histogramelor de frecvență.

Conform tabelului 13.3, reiese din nou lipsa unei influențe majore a grupării pe clase asupra mediei și coeficientului de variație, comparativ cu varianta datelor negrupate.

Tabelul 13.3

Valorile indicatorilor statistici și informații privind ajustarea distribuției pixelilor din interiorul unei benzi altitudinale

Varianta de studiu	Media aritmetică	Abaterea standard	Coeficientul de variație (%)	Comportamentul ajustării
Negrupat și altitudine 1 116–1 255 m	1185,6	39,8	3,3	–
10 clase și altitudine 1 116–1 255 m	1185,2	39,6	3,3	C>>N>>B
Negrupat și altitudine 1 813–1 952 m	1890,8	39,4	2,1	–
10 clase și altitudine 1 813–1 952 m	1890,8	39,5	2,1	C>>N>>B

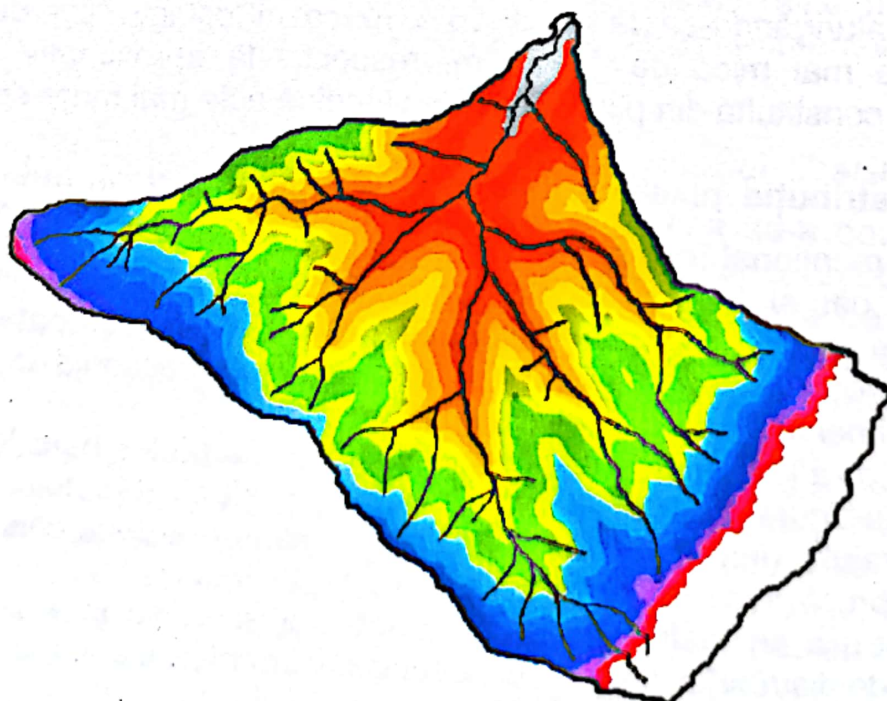


Fig. 13.11. Modelul digital al terenului, în aval de curba de nivel de 1785 m, cu gruparea pixelilor pe 20 de clase altitudinale.

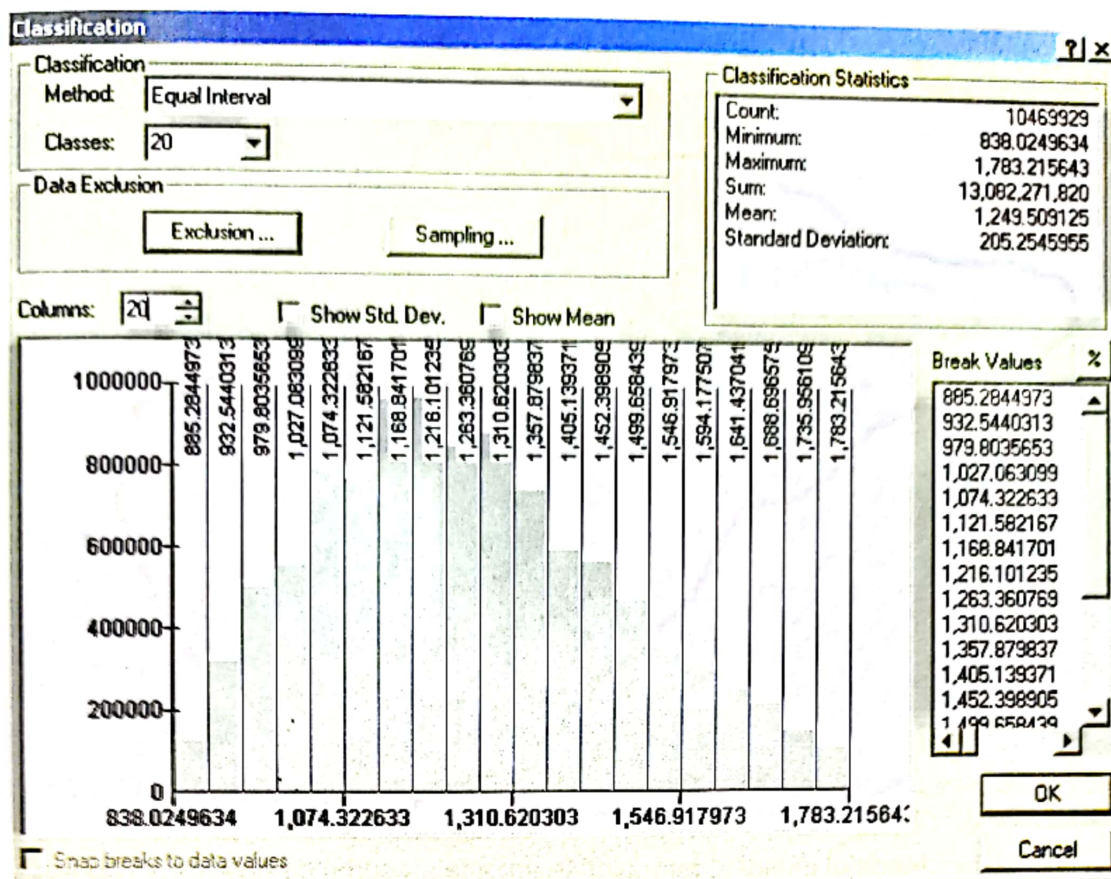


Fig. 13.12. Histograma de frecvență pentru pixelii reprezentând valorile altitudinii (20 de clase altitudinale), în aval de curba de nivel de 1 785 m.

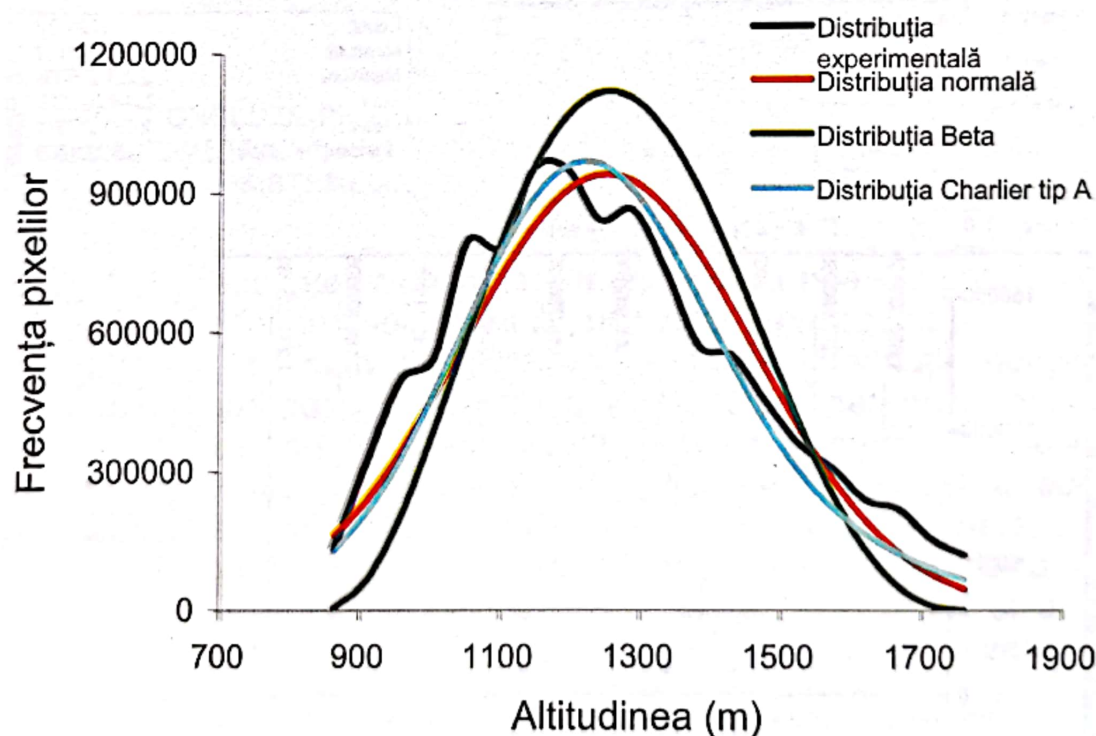


Fig. 13.13. Reprezentarea grafică a frecvenței pixelilor în cazul grupării pe 20 de clase altitudinale, în aval de curba de nivel de 1 785 m (valori experimentale și valori ajustate).

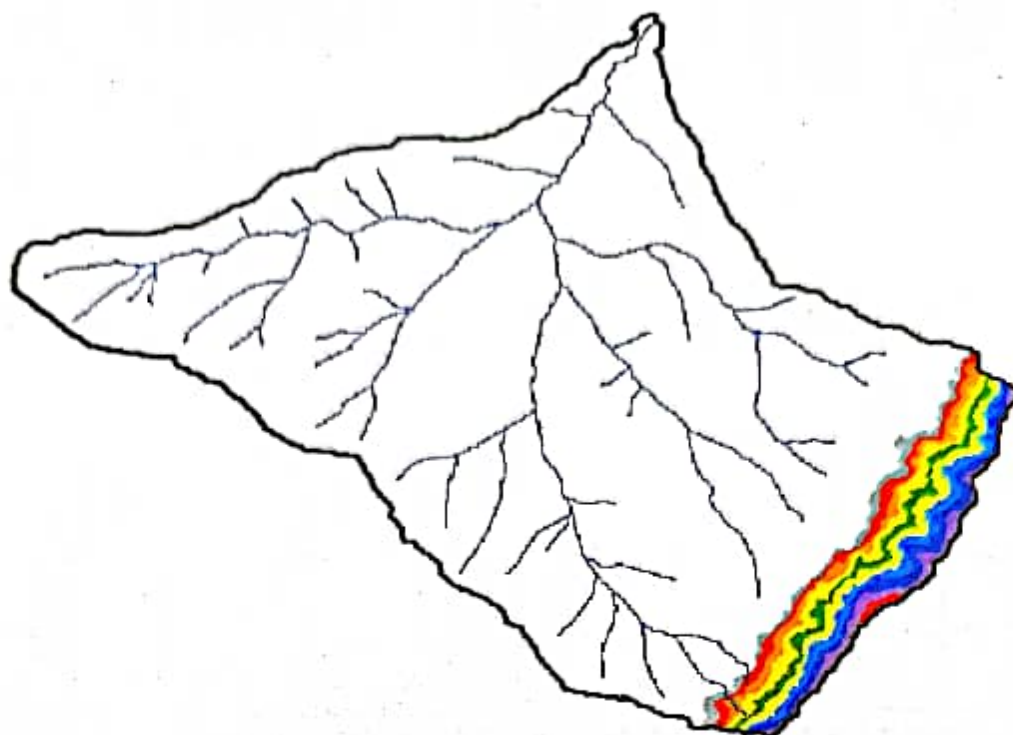


Fig. 13.14. Modelul digital al terenului, în amonte de curba de nivel de 1 785 m, cu gruparea pixelilor pe 10 clase altitudinale.

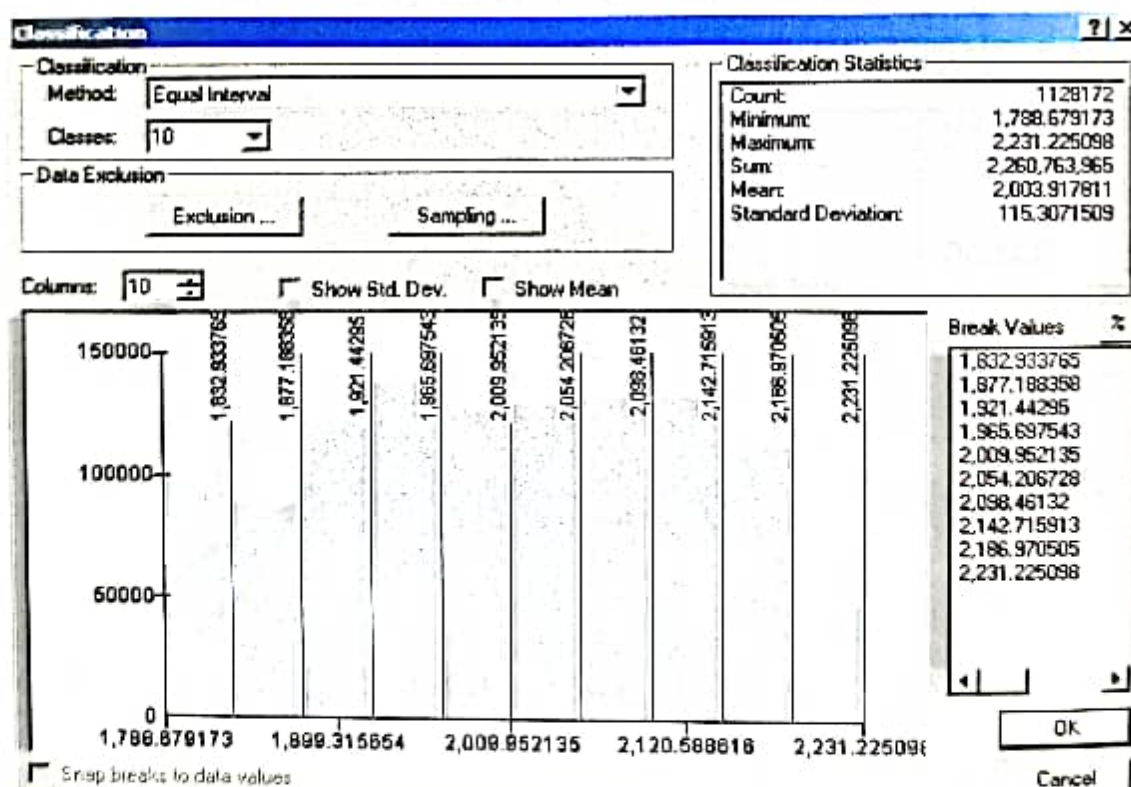


Fig. 13.15. Histograma de frecvență pentru pixelii reprezentând valorile altitudinii (10 clase altitudinale), în amonte de curba de nivel de 1 785 m.

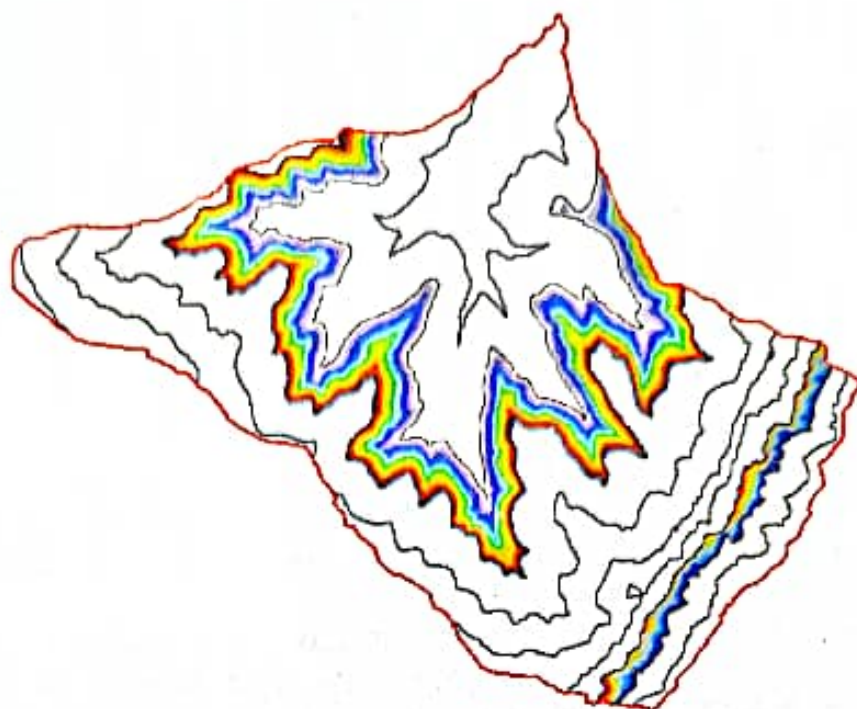


Fig 13.16. Imaginea digitală a distribuțiilor de frecvență a pixelilor pentru cele două benzi altitudinale studiate (1 116–1 255 m și 1 813–1 952 m).

Caracteristica distribuției teoretice Charlier-tip A de a se apropia cel mai mult de distribuția reală, indiferent de banda altitudinală considerată, este reconfirmată. În cazul grupării pe 10 clase, în banda altitudinală 1 831–1 952 m, ajustarea după această distribuție teoretică este și dovedită statistic.

13.4. CONCLUZII PRIVIND STUDIUL STATISTIC AL PARAMETRILOR MORFOMETRICI ȘI MORFOHIDROLOGICI, BAZAT PE FACILITĂȚILE SISTEMELOR DE INFORMAȚII GEOGRAFICE

Pe baza rezultatelor obținute din cercetarea noastră pot fi scoase în evidență, sub forma unor concluzii, următoarele aspecte:

1. Apariția și dezvoltarea sistemelor de informații geografice înseamnă o etapă nouă în abordările referitoare la parametrii bazinelor hidrografice mici, predominant forestiere (și nu numai), inclusiv în privința posibilităților de a evidenția variabilitatea spațială a acestor parametri, prin studiul statistic la nivel de colectivități de bazine.

2. Pe lângă funcțiile și modulele încorporate de această nouă tehnologie – cu ajutorul cărora se pot realiza determinări și analize rapide pentru cei mai mulți dintre parametri –, sunt extrem de importante și facilitățile statistico-matematice.

Într-adevăr, în paralel cu obținerea automatizată și într-un timp foarte scurt a diferiților indicatori statistici (media aritmetică, abaterea standard, cuartilele, asimetria și excesul), sunt puse la dispoziție și histogrammele de frecvență, asupra cărora operatorul are facilitatea de a interveni cu

clasificări și reclasificări succesive, utilizând intervale de clasă diferite, intervale de clasă egale, metoda quantilelor, metoda abaterii standard etc.

De asemenea, *avantajul creării de eşantioane statistice, prin includerea sau excluderea anumitor valori din întregul set de date, constituie un atu major pentru analiza și prelucrarea multiplelor informații înglobate în modelul digital al bazinelor hidrografice.*

Iată de ce, prin abordarea acestui obiectiv al cercetărilor, s-a dorit tocmai să se atragă atenția asupra *orizontului nou de cercetare* pe care aplicațiile sistemelor de informații geografice le oferă pentru studiul statistico-matematic al parametrilor bazinelor hidrografice torențiale și pentru *așteptata modelare ecohidrologică a acestor bazine.*

Din considerente de ordin metodologic, pentru studiul de caz realizat în cadrul lucrării s-a ales *altitudinea*, parametru care descrie configurația morfologică a bazinului și care stă la baza construcției modelului digital al terenului.

3. Cu datele puse la dispoziție de modelul digital al terenului și valorificând facilitățile statistico-matematice ale sistemelor de informații geografice, s-a cercetat într-o primă etapă *distribuția de frecvență a pixelilor de pe întreaga suprafață a bazinului (Valea Tâmașului), pe trepte altitudinale, rezultând o distribuție puternic asimetrică și bimodală, denumită de noi, pentru simplificare, distribuția „bazinală”.*

Gruparea pixelilor în trei variante (50 de clase, 25 de clase și 10 clase) nu a antrenat modificări semnificative în valorile principalilor indicatori statistici (media, abaterea standard și coeficientul de variație), comparativ cu cele afișate automat pe ecranul calculatorului odată cu histograma distribuției (și care se referă la datele negrupate pe clase).

Nici în privința ajustării frecvențelor experimentale, nu au intervenit modificări de la o variantă de grupare la alta, dintre distribuțiile teoretice luate în calcul (Charlier – tip A, normală și Beta) prima fiind cea care, în toate cazurile, ajustează comportamentul fenomenului.

4. Într-o a doua etapă, utilizând proceduri GIS adecvate (funcția „classification”, butonul „exclusion”), *distribuția bazinală – puternic asimetrică și bimodală – s-a scindat în două distribuții unimodale, fiecare reprezentând câte o zonă altitudinală.* Ca linie separatoare dintre cele două zone a fost adoptată curba de nivel de 1 785 m, care trece, cu aproximație, pe la baza abruptului stâncos al masivului Piatra Craiului.

Și aici, în urma centralizării indicatorilor statistici pentru cele două variante de grupare a pixelilor (20 de clase pentru distribuția pixelilor din zona de până la 1 785 m și 10 clase pentru distribuția pixelilor de peste 1 785 m) nu au fost constatate diferențe față de valorile înregistrate pentru datele negrupate pe clase (afișate pe ecran odată cu histograma distribuției).

Totuși, o remarcă se impune: *prin scindarea distribuției bazinale au rezultat două colectivități de pixeli mult mai omogene, fapt atestat de reducerea simțitoare a coeficientului de variație (de la 22–23% la 16% și respectiv 6%).*

5. În sfârșit, pentru a da răspuns la întrebarea: *ce legitate urmează distribuția de frecvență a pixelilor din interiorul unei benzi altitudinale*, au fost alese două situații caracteristice pentru bazinul în cauză: banda altitudinală 1 116...1 255 m caracteristică pentru zona din aval de abruptul stâncos al Pietrei Craiului și banda altitudinală 1 813...1 952 m chiar din arealul acestui abrupt.

Și de această dată, gruparea pixelilor pe clase (20 în cazul primei benzi și 10 în cazul celei de-a doua benzi) nu s-a soldat cu vreo modificare semnificativă, nici a mediei și nici a coeficientului de variație. De asemenea, caracteristica distribuției Charlier – tip A de a se apropia cel mai mult de distribuția reală, indiferent de banda altitudinală, este reconfirmată.

BIBLIOGRAFIE

- Biali, Gabriela, Popovici, N., 2003, *Tehnici de GIS în monitoringul degradării erozionale*. Editura Gh. Asachi, Iași, 253 p.
- Chitea, Gh., Tamaș, Șt., 1994, *Biostatistică forestieră. Aplicații practice*. Universitatea Transilvania Brașov, 138 p.
- Clinciu, I., 1981, *Cu privire la distribuția de frecvență a suprafeței bazinetelor din bazinul hidrografic torențial Bârsa Superioară*. Buletinul Universității din Brașov – Seria B – Economie forestieră vol. XXIII, pp. 93–96.
- Clinciu, I., 1983, *Contribuții la studiul morfometriei și hidrologiei bazinului hidrografic torențial Bârsa Superioară*. Teză de doctorat. Universitatea din Brașov, 187 p.
- Giurgiu, V., 1972, *Metode ale statisticii matematice aplicate în silvicultură*. Editura Ceres, București, 566 p.
- Giurgiu, V., Clinciu, I. (sub red.), 2006, *Silvologie. Vol V – Pădurea și regimul apelor*. Editura Academiei Române, București, 285 p.
- Munteanu, S.A., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Untaru, E., 1991, *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice (vol.I)*. Editura Academiei Române, București, 328 p.
- Păcurar, V.D., 2001, *Cercetări privind scurgerea și eroziunea în bazine hidrografice montane prin modelare matematică și simulare*. Universitatea Transilvania Brașov. Teză de doctorat, 380 p.
- Păcurar, V.D., 2005, *Utilizarea sistemelor de informații geografice în modelarea și simularea proceselor hidrologice*. Editura Lux Libris Brașov, 152 p.
- Petrișan, I.C., 2008, *Contribuții la studiul statistic al parametrilor morfometrici și morfohidrologici ai bazinelor hidrografice mici, predominant forestiere*. Teză de doctorat, Universitatea transilvania Brașov, 208 p.
- Petrișan, I.C., 2002, *Comparison between theoretic models used in fitting the distribution of the watershed surfaces in Valey Bârsa Superioară*. In Orman G.V. (Ed.) 16th Scientific Session on Mathematics and its Applications Brașov, pp. 73–81.
- Sachs, L., 2002, *Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden. – Zehnte überarbeitete und aktualisierte Auflage –*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 889 p.
- Tamaș, Șt., Clinciu, I. et al., 2005, *Aplicații ale sistemelor de informații geografice pentru determinarea, analiza, interpretarea și valorificarea principalilor parametri morfometrici ai bazinelor hidrografice torențiale*, Contract de cercetare științifică, nr. 51/30.06.2004, Universitatea „Transilvania” Brașov, 87 p.
- Tamaș, Șt., Clinciu, I., Coman, D., 2006, *Cercetări privind cuantificarea unor parametri morfometrici ai rețelei hidrografice prin intermediul sistemelor de informații geografice*. În *Silvologie. Vol V – Pădurea și regimul apelor*. Editura Academiei Române, București, pp. 258–272.

PERSPECTIVES IN THE STATISTICAL STUDY OF TORRENTIAL HYDROGRAPHIC WATERSHED PARAMETERS, BASED ON FACILITIES PROVIDED BY GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

ABSTRACT

The case study included in this paper emphasises the statistical and mathematical facilities of geographical information systems (GIS), affirming, and even strengthening that the appearance and development of these facilities has lead to a new stage in understanding the parameters for small, predominantly forested watersheds, including the possibility of pointing out the spatial variability of these parameters, through statistical studies carried out for watershed populations.

The pixel frequency distribution of the entire watershed area was formed by using data provided by the digital elevation model and by carrying out adequate GIS procedures. The result was an asymmetrical and bimodal distribution (watershed distribution) divided on methodological grounds into two different unimodal distributions, each representing an altitude level.

In both cases, statistical parameters were calculated and compared taking into account three variants of grouping the pixels into altitude classes, while the experimental frequencies obtained were fitted to three theoretical distributions (Charlier A-type, Beta and normal).

Finally, the analytical procedure, based on these statistical and mathematical facilities (consisting of automatically obtaining different statistical parameters and immediately displaying frequency histograms for different categories), was also applied to pixel distribution within one altitude level.

Key words: torrential hydrographic watershed, geographical information systems (GIS), pixel frequency distribution, statistical parameters.

14. DINAMICA ALBIILOR BAZINELOR HIDROGRAFICE MICI, PREDOMINANT FORESTIERE, ÎN LUMINA CONCEPTULUI DE RESTAURARE A RÂURILOR

COSTINEL CRISTESCU¹, IOAN CLINCIU²

14.1. SISTEMUL GEOMORFOLOGIC FLUVIAL. CONCEPTE

Impactul asupra cursului superior al râurilor și implicit asupra rețelei hidrografice din aval, generat de intensificarea perturbării antropice a structurilor sistemelor naturale, a condus la potențarea interesului științific asupra proceselor dinamice complexe care au loc la nivelul râurilor și pâraielor montane.

În comparație cu studiul sectoarelor de râu dezvoltate în zone altitudinale joase (dealuri și câmpie), studiile și cercetările dedicate morfologiei, comportării și evoluției cursurilor superioare ale râurilor au fost neglijate în decursul istoriei (Hope Kavage, Spotila, 2001; Fabrizio, Bianco, 2002; Milzow, 2004; Liquori, 2005).

Schimbarea regimului scurgerilor lichide și solide – ca urmare a transformării arealelor forestiere, atât ca distribuție spațială și mai ales ca modificare a structurii lor interne, dar și ca urmare a modificărilor climatice, în sensul schimbării distribuției și variabilității nucleelor torențiale ale precipitațiilor – determină agradarea patului albiilor râurilor în aval, cu consecințe în creșterea gradului de risc la inundații.

Pe de altă parte, se remarcă o mărire a gradului de conștientizare a rolului și importanței vegetației ripariene³ și debrisului lemnos⁴ în

¹ Inginer, doctorand, S.C. CRINAS S.R.L. Bacău

² Profesor universitar, doctor inginer, membru corespondent al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură

³ Vegetație ripariană ⇔ „*riparian*” provine de la latinescul « *ripa* », cu echivalentul românesc *râpă* = mal abrupt (surpătură de pământ produsă de torente sau șuvoaie conform DEX). În accepțiunea comună majorității lucrărilor de specialitate, *riparian* se referă la „*aria adiacentă râurilor, suficient de umedă și suficient de frecvent inundată, pentru a dezvolta și susține o acoperire vegetală naturală distinctă de vegetația caracteristică stațiunilor cu drenaj normal învecinate*” (Stevens et al., 1995). Vegetația ripariană include formațiunile forestiere cunoscute sub denumirea de „*zăvoaie*” și ceea ce se desemnează prin termenul general de „*vegetație de luncă*”. Totodată, delimitează o arie de vegetație tipică și pentru albiile montane, la care luncile sunt foarte puțin sau deloc diferențiate geomorfologic.



regularizarea transportului de sedimente, crearea habitatului și generarea unor funcții ecologice specifice.

Pornind de la premisa că un curs de apă poate fi considerat, din punct de vedere biologic, o ființă vie, un model de mare complexitate (Zolin, 2005), literatura de specialitate subliniază că lucrările de sistematizare a albiilor – implicând remodelarea geometriei hidraulice – nu trebuie abordate ca elemente alogene, ci ca elemente integrate, în stare să interacționeze atât în sens pozitiv cât și în sens negativ cu ambientul fluvial sau torențial, într-un complex sistem de rapoarte și echilibre legate de dinamica timpului.

Într-adevăr, orice intervenție asupra cursului de apă va avea o serie de consecințe pe termen scurt sau lung, asupra comunităților biotice, asupra stabilității ecologice, asupra aspectelor estetice și peisagistice, generate de tendința spre echilibru (marcată în timp lung) și tendința de echilibru dinamic (marcată în timp scurt), consecințe de care ingineria hidraulică nu mai poate face abstracție. Aceasta impune aplicarea unor concepții unitare în interpretarea morfologiei și dinamicii albiilor, în cunoașterea tendințelor bilanțului morfogenetic, a timpului de influență antropică și a amplitudinilor abaterilor de la starea de regim natural (Ichim *et al.*, 1989).

Conceptul de *combatere* a unor evenimente naturale, raportându-le doar la modalitățile de utilizare a resurselor și la regimul lor, în comparație cu experiența umană, se dovedește a fi depășit și inoperant (Ichim *et al.*, 1989), mai ales că – în cazul pâraielor montane, cu pante mai mari de 1% – caracteristicile scurgerii în albie (cu deosebire transportul solid), denaturează în totalitate comportamentele hidraulice, ceea ce face ca fenomenologia scurgerii torențiale să nu mai poată fi explicată doar printr-o simplă translatare a legilor hidraulicii clasice (Meunier, 1991; Ancey, 1998).

14.1.1. SISTEMUL FLUVIAL

După cum se știe, conceptul de sistem, în ciuda mării diversități de opinii manifestate în jurul noțiunii însăși, este unul din instrumentele fundamentale ale cunoașterii umane.

Cea mai simplă și sugestivă definiție a sistemului este cea conform căreia „*un sistem este un aranjament (ordonat) de lucruri, formând un întreg*” (Watson *et al.*, 1999, Bruce, 2003).

Penescu (1975) definește sistemul „*ca fiind colecții mai mari sau mai mici de obiecte naturale sau artificiale (↔ subsisteme), organizate funcțional, caracterizate prin limbaje cu baze raționale*”. Același autor afirmă că subsistemele sunt obiecte la care nu se constată nici o

⁴ Debris lemnos ↔ “*Large woody debris*”. Termen general care se referă la orice material lemnos ajuns în albia unui curs de apă, în mod natural sau artificial, incluzând ramuri, cioate, bușteni, individuale sau constituite în aglomerări haotice. Aproape toate debriserile lemnoase din râuri provin din arborii localizați în coridorul riparian (Ohio Department Of Natural Resources, 2002).

organizare ci, pur și simplu, o mărime implică altă mărime. Unui subsistem nu i se pot acorda una sau mai multe dimensiuni pentru a-l caracteriza dimensional. Natura însăși reprezintă o colecție de obiecte și de legături funcționale între ele.

Schumm și Lichty (1965, citat de Ichim *et al.*, 1989) descriu un *sistem fluvial* ca fiind un model caracterizat prin cel puțin următoarele variabile globale: Timpul, Relieful, Geologia (litologia, structura), Climatul, Vegetația, Hidrologia, Morfologia rețelei de drenaj, Morfologia versanților.

În studiul condițiilor naturale ale suprafeței terestre, Ichim *et al.* (1989) identifică trei categorii de sisteme:

- sisteme morfologice, asociate formelor;
- sisteme în cascadă, asociate proceselor;
- sisteme proces-răspuns, asociate relațiilor dintre forme și procese.

De fapt, primele două se pot defini mai degrabă ca subsisteme (în accepțiunea Penescu, 1975); numai cea de-a treia categorie constituie un sistem propriu zis, întrucât dispune atât de mulțimea structurată de obiecte și attribute ale acestora ($\Leftrightarrow$ forme + procese) cât și de o organizare funcțională ($\Leftrightarrow$ interrelațiile dintre acestea).

Șase sunt conceptele fundamentale de care este imperios a se ține seama atunci când se operează cu bazine hidrografice și râuri (Watson *et al.*, 1999):

- Cursul de apă este doar o parte a sistemului;
- Sistemul este dinamic;
- Sistemul funcționează complex;
- Există praguri geomorfologice; când acestea sunt depășite poate rezulta o schimbare abruptă;
- Scara timpului ($\Leftrightarrow$ retrospectiva *versus* perspectiva istorică a aspectelor geomorfologice);
- Scara spațială ($\Leftrightarrow$ ierarhie, holon și holarhie).

14.1.2. BAZINUL HIDROGRAFIC. CORIDORUL FLUVIAL. CURSUL DE APĂ

Strategia amenajărilor hidrotehnice (incluzând și amenajările cursurilor de apă torențiale) implică o viziune de ansamblu asupra unui sistem geomorfologic fluvial, deși soluțiile tehnice se focalizează asupra unor secvențe din acest ansamblu.

Conceptul fundamental că *un curs de apă* este o secvență a unui sistem de rang superior a fost, poate, cel mai elocvent statuat de Hans Albert Einstein (citată de Watson *et al.*, 1999): „Dacă schimbăm un râu, facem de obicei ceva, undeva, bine, „bine” fiind pus în ghilimele. Acest lucru înseamnă că ducem la bun sfârșit rezultatul pe care ni-l dorim, uitând însă că schimbarea introdusă în sistem va avea influențe larg răspândite în altă parte. Cred că, în afara legăturilor cu mediul, orice rezultat al nostru

evidențiază faptul că trebuie să privim râul, sau bazinul de drenaj, sau orice alt subiect din context ca pe o mare unitate cu multe fațete. N-ar trebui să ne concentrăm numai asupra unei mici piese din angrenajul râului, fără a avea un argument întemeiat de a decide că o putem face."

Abordarea unui proiect de inginerie hidraulică dedicat *stabilizării albiei* se confruntă, în primul rând, cu procesele dominante ale acesteia (eroziunea, transferul și depunerea de sedimente), astfel că, din punctul de vedere al sistemului, necesitatea tratamentului unui segment de albie – fie el oricât de scurt –, implică un ansamblu de cercetări care să confere proiectului siguranța că soluțiile nu neglijează efectele potențiale care s-ar putea produce în întregul sistem.

Munteanu et al. (1979) afirmă că un *bazin hidrografic* – fie el și torențial – este „un sistem cibernetic armonios, având limite naturale bine definite și constituind, în fiecare moment, un ansamblu unitar de componente – litologie, complexe stratigrafice, relief, climă, sol, ape, vegetație etc – care se condiționează reciproc și se dezvoltă după legi proprii. În cuprinsul unui astfel de sistem nu există structuri independente, ci doar ansambluri și subansambluri de diferite ordine, ierarhizate după legi naturale și integrate funcțional, în limitele cărora între componente se stabilesc multiple și complexe conexiuni”.

Ca și coloană vertebrală a bazinului hidrografic (Heaton et al., 2000), *coridorul fluvial* este, la rândul lui, un ecosistem constând din trei elemente majore: *valea ca formă geomorfologică, vegetația și ariile adiacente semnificative*. Albia râului, versanții văii, pădurile de luncă, fânețele din zona ripariană și terenurile cu exces de umiditate, zonele de circulație a apei subterane și cursurile de apă intermitente sunt cele mai importante constituențe incluse în limitele ecosistemului și care definesc coridorul. Fiecare dintre aceste componente este direct interconectată și are funcții biologice, chimice și fizice specifice, esențiale pentru asigurarea sănătății râului și viețuitoarelor care populează coridorul și întregul bazin hidrografic.

Și *Grupul de lucru pe problema restaurării râurilor – The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)* – delimitează tot trei componente majore ale ecosistemului: albia – definită prin patul și malurile sale, determinată de debitele *bankfull*¹, lunca inundabilă – frecvent considerată ca spațiul inundabil la debite extraordinare, cu interval de recurență de 100 ani și bordura înaltă (superioară) de tranziție – versanții adiacenți și definitorii ai văii.

Apa și organismele, celelalte forme de materie și energie, se întâlnesc și interacționează în cadrul coridorului fluvial, atât în spațiu cât și în timp. Această mișcare furnizează funcțiile decisive, esențiale, pentru menținerea vieții: circuitul substanțelor, filtrarea substanțelor nutritive, a celor

¹ *Bankfull discharge* = debitul care umple albia (Manoliu, 1973), debitul care umple albia minoră (Hâncu, 1976), debitul de umplere al albiei (Ichim et al, 1989). În literatura de specialitate din afara spațiului anglosaxon s-a preluat și s-a extins termenul *bankfull* + debit/nivel.

contaminante și poluante din scurgerea de suprafață, *atenuarea viiturilor prin absorbție și eliberare treptată a apelor extraordinare*, menținerea habitatelor piscicole și ale celorlalte viețuitoare, alimentarea pânzelor freatice și menținerea permanenței debitelor în albie (foto 14.1).



Foto 14.1. Coridoarele fluviale funcționează ca principale artere ale landşaftului
(Foto: Cristescu, 2005).

Ca punct de plecare în analiza și evaluarea unui coridor fluvial este foarte important a se conștientiza că relațiile care au loc în cadrul coridorului urmează un model cvadridimensional în care traiectoriile de mișcare sunt ecuații complexe dependente de cele trei variabile spațiale carteziene și de timp (Ward, 1989). După cum sublinia FISRWG (2001) „un observator neantrenat are tendința de a privi cadrul coridorului fluvial doar din perspectiva dimensiunii sale longitudinale – de la izvoare la vărsare. Această perspectivă este limitată, întrucât mișcarea laterală și verticală a apei, materiei, energiei și organismelor, influențează caracterul coridorului fluvial tot atât de mult ca și cea longitudinală.”

Pe de altă parte, sistemele fluviale în general și coridoarele fluviale în special sunt afectate de variabile ierarhizate, fundamentul acestei ierarhii fiind triada climat-geologie-topografie, din care rezultă și variabilele independente care influențează albiile: hidrologia, transportul de sedimente și vegetația. Acestea variază aproximativ constant la scara timpului, dar se pot schimba substanțial și chiar dramatic la scara spațială a bazinului hidrografic (Saldi-Caromile et al., 2004).

Conceptul „*rivus continuus*” este o încercare de generalizare și explicare a schimbărilor produse la nivelul ecosistemelor fluviale, de la izvoare la gura de vărsare, prin identificarea conexiunilor existente între bazinul hidrografic, lunca inundabilă și albie, și descrierea dezvoltării comunităților biologice de-a lungul coridorului fluvial (fig. 14.1). Conceptul de „*rivus continuus*” poziționează un amplasament sau un sector de râu în complexul bazinului hidrografic (sau al landşaftului), furnizând astfel practicienilor fundamentul definirii telurilor restaurării/reabilitării/recuperării sectorului respectiv.

Conceptul admite faptul că multe dintre segmentele de râu de ordinele 1...3 (Strahler, 1973), cuprinse în cursul superior al unui râu, sunt umbrite de coronamentul vegetației forestiere ripariene. Umbrirea limitează dezvoltarea algelor, a fitoplanctonului și a altor plante acvatică, ceea ce determină un aport energetic fotosintetic mai mic. Biologia acvatică a acestor pâraie – dependentă fiind de materiile alohtone, provenite din coronamentul arboretelor – este adaptată corespunzător numai intrărilor exterioare de materie organică. În consecință, aceste segmente ale cursului superior sunt *heterotrofice* ($\Leftrightarrow$ *dependente de energia produsă la nivelul bazinului hidrografic înconjurător*).

Dimpotrivă, la nivelul segmentelor de ordinele 4...6, albia râului se lărgeste, determinând creșterea incidenței razelor solare și a temperaturilor medii. Ca răspuns, avem o creștere a producției primare de materie și energie, biologia acvatică a râului tranzitând spre o dependență autohtonă (materiile provenind din interiorul albiei) iar segmentele de râu devenind *autotrofe* ($\Leftrightarrow$ *dependente de producția de energie internă a albiei*). În același timp, aceste segmente primesc din secțiunile (segmentele) amonte particule de materie organică preprocesată, care induc echilibrarea balanței între autotrofie și heterotrofie. Crește astfel numărul de specii al comunității de nevertebrate, grup funcțional care este adaptat la utilizarea ambelor resurse de hrană (alohtone + autohtone).

Mai departe, la nivelul segmentelor de ordinele 7...12, stabilitatea fizică generală se mărește – prin diminuarea magnitudinii și frecvenței fluctuațiilor generate de evenimente hidrologice și termice – subordonând și o creștere semnificativă a structurii și funcțiunilor componente biologice. Marile râuri dezvoltă un suport major pentru producția primară a fitoplanctonului și totodată continuă să recepționeze intrări masive de particule organice solubile și ultrafine din amonte. Populațiile de nevertebrate sunt dominate de zooplancton.

Prin transportul accentuat de particule minerale fine (argilă...lut), râurile au o turbiditate mărită, determinând scăderea puterii de penetrare a luminii și, în consecință, o creștere semnificativă a proceselor heterotrofice. Stabilitatea generală mărită antrenează o amplificare a forței interacțiunilor biologice – competiția și prădarea – care, la rândul lor, tind să elimine taxonii mai puțin competitivi și să reducă astfel diversitatea biologică.

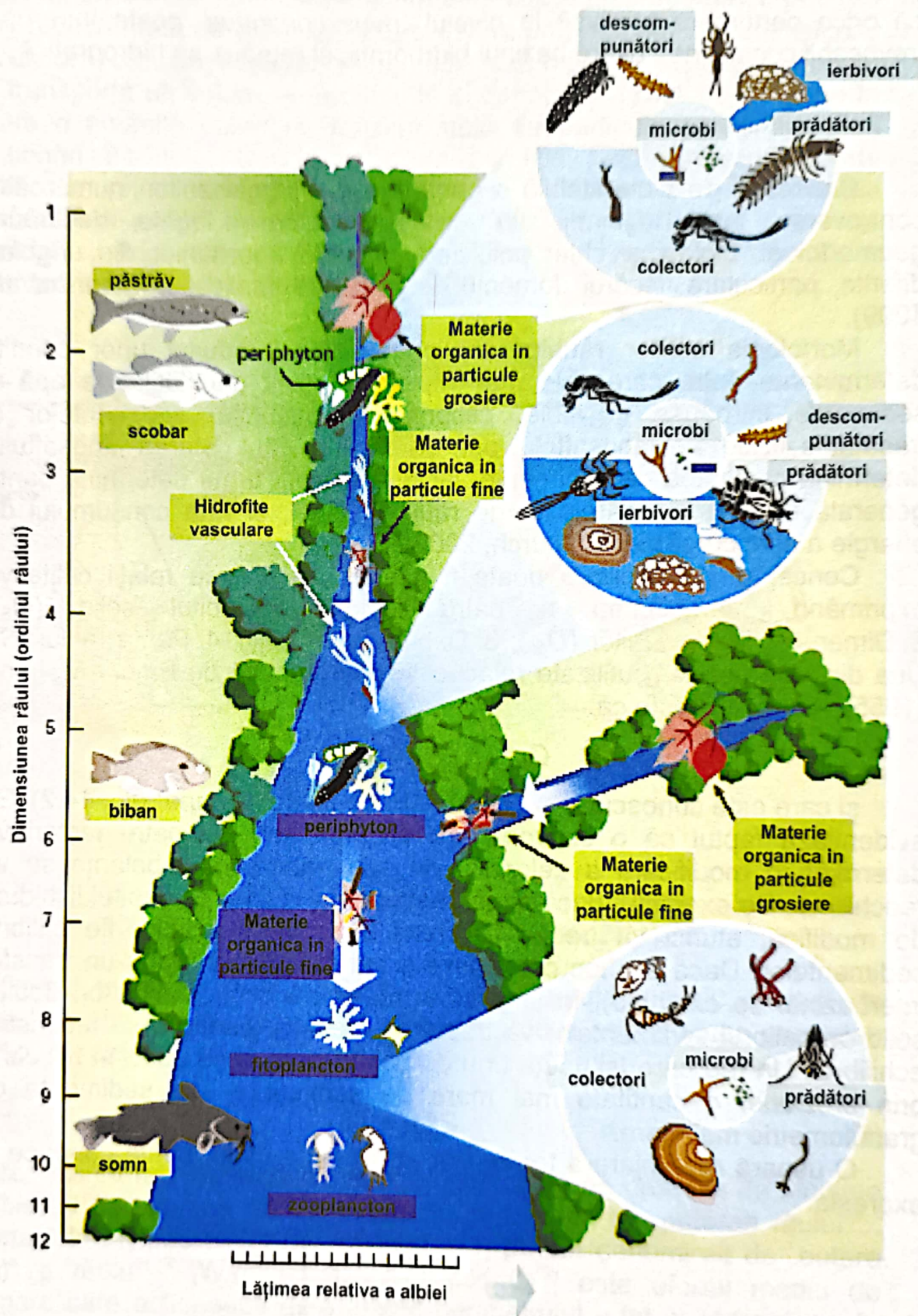


Fig. 14.1. Conceptul de „rivus continuus” (FISRWG, 2001).

Pentru practicienii în restaurarea râurilor este demn de subliniat faptul că orice perturbare produsă la nivelul „*rivus continuus*” poate întrerupe irevocabil conexiunea dintre bazinul hidrografic și rețeaua sa hidrografică.

14.1.4. ALBIA STABILĂ

Conceptul de albie stabilă a generat, de-a lungul anilor, numeroase controverse între inginerii din diverse sectoare legate de râuri, geomorfologi, biologi și chiar politicieni, datorită abordărilor din unghiuri diferite, particulare fiecărui domeniu de activitate implicat (Watson *et al.*, 1999).

Morfologia albiilor râurilor aluvionare este produsul unor condiții determinate, între care cele mai importante sunt cantitățile de apă și sedimente introduse în albie, calibrul (dimensiunile) sedimentelor și trăsăturile fizice ale landşaftului prin care curge râul. Starea landşaftului determină cantitatea de sedimente, iar acestea din urmă determină panta generală de-a lungul căreia curge râul și, astfel, și rata consumului de energie a apei curgătoare (Church, 2002).

Conceptul de echilibru poate fi descris de diverse relații calitative exprimând interacțiunea a patru factori: 1. Debitul solid (Q_s); 2. Dimensiunile aluviunilor (D_{50}); 3. Debitul lichid (Q_w); 4. Panta râului (S). Una din cele mai larg utilizate relații este cea propusă de Emory M. Lane (1955)¹ care stabilește că:

$$Q_s \cdot D_{50} \sim Q_w \cdot S \quad (1)$$

și care este cunoscută sub denumirea „*balanța lui Lane*” (fig. 14.2). Ea evidențiază faptul că o schimbare a oricăruia din cei patru factori va determina o modificare a celorlalți, de așa natură încât balanța se va reechilibra. De exemplu, dacă se mărește panta în timp ce debitul lichid nu de modifică, atunci va trebui să crească fie debitul solid, fie calibrul sedimentelor. Dacă are loc o creștere a debitului lichid (printr-un transfer interbazinal de exemplu), în timp ce panta rămâne constantă, ori debitul solid ori calibrul sedimentelor va trebui să crească, pentru a se reconstrui echilibrul. Un râu care își caută un nou echilibru tinde să pună în mișcare, prin eroziune, o cantitate mai mare de sedimente sau sedimente cu granulometrie mai mare.

O ușoară rearanjare a termenilor ecuației lui Lane, poate conduce la expresia:

$$Q_s \Leftrightarrow \frac{Q \cdot S}{D_{50}} \quad (2)$$

¹ Lane E.W. (1955), *The importance of fluvial morphology in river hydraulic engineering*. American Society of Civil Engineers, Proceedings, 81, pp.1–17.

care arată că transportul de sedimente este direct proporțional cu puterea râului, reprezentată de produsul $Q \cdot S$ și invers proporțional cu dimensiunile particulelor. Totodată, această relație subliniază faptul că abilitatea unui râu de a transporta un volum de sedimente și capacitatea râului de a pune în mișcare o anumită categorie dimensională de particule aluvionare sunt condiționări distincte. Cea de-a doua condiție poate influența foarte semnificativ prima condiție, în funcție de cantitatea și granulometria materialului disponibil în râu. Interacțiunea dintre acești factori determină morfologii distincte ale albiei, prin transportul și sortarea materialelor aluvionare în diverse moduri (Church, 2000).

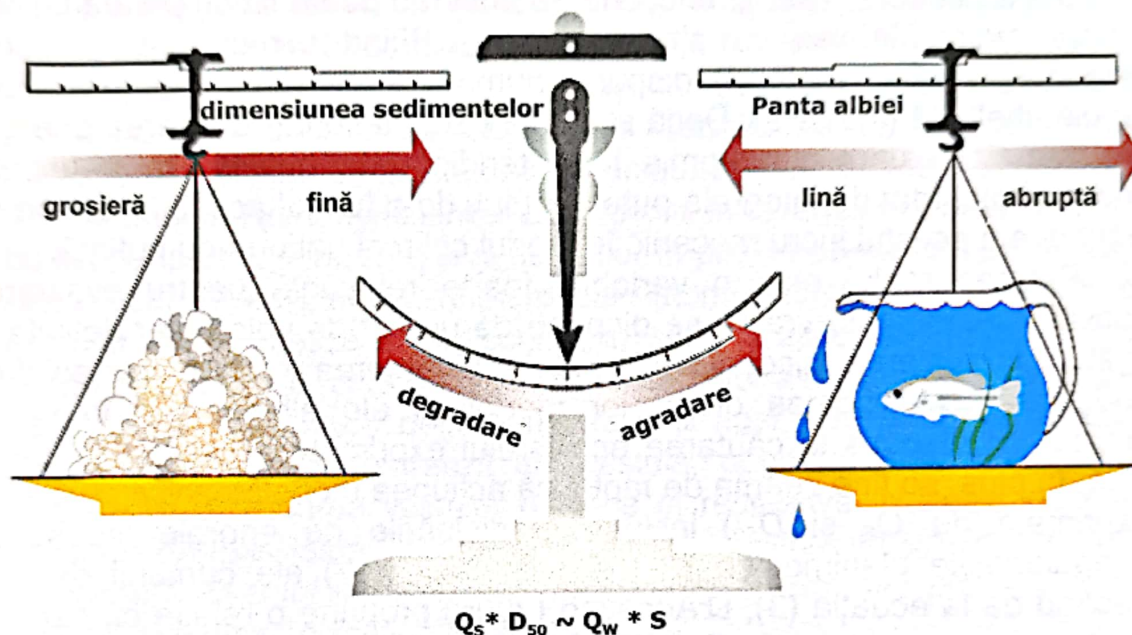


Fig. 14.2. Balanța lui Lane. La echilibru, panta și debitul lichid contrabalansează cantitatea de sedimente și calibrul acestora (FISRWG, 2001).

Primul membru al ecuației (1) exprimă lucrul mecanic cheltuit de curentul de apă datorită gravitației. Dacă în produs se introduce greutatea specifică a apei [γ în $N(m^3)^{-1}$], se generează variabila:

$$\Omega = \gamma QS \quad (3)$$

care reprezintă rata pierderii de energie potențială pe unitatea de lungime de albie. Ω se exprimă în $W \cdot m^{-1}$ și este cunoscută ca „puterea râului”¹. Raportată la lățimea albiei (B), expresia (3) poartă denumirea de „putere unitară a râului”² [$W \cdot (m^2)^{-1}$]. Dacă τ [$N \cdot (m^2)^{-1}$] este efortul mediu de antrenare care acționează de-a lungul perimetrului ud și V ($m \cdot s^{-1}$) este viteza medie în secțiune, atunci există identitatea:

¹ Stream power

² Unit stream power

$$\omega = \frac{\Omega}{B} = \tau B \quad (4)$$

care exprimă faptul că, în orice curs de apă, rata lucrului mecanic dezvoltat de curent pe unitatea de lățime a albiei este dată de produsul dintre efortul tangențial mediu de antrenare și viteza medie a curentului. Yang și Song (1979) și Chang (1980) au demonstrat că un curs de apă, în încercarea de a-și recâștiga echilibrul dinamic, își croiește traiectoria (în coordonate altimetrice și plane) și forma secțiunii, tinzând să minimizeze puterea râului, sau, în alți termeni, să dezvolte mișcarea cu minimum de cheltuială de energie (D'Agostino, 2005).

După Leopold (1994), funcționarea unui râu poate fi comparată cu cea a unui motor, înțeles ca sistem deschis. Fiind alimentat cu afluxuri meteorice, râul ($\Leftrightarrow$ motorul) dispune numai de energie potențială, care trebuie cheltuită (disipată). Dacă sistemul este staționar, disiparea energiei este rezultatul unui compromis între tendința de minimizare a lucrului mecanic total (dat de integrala puterii râului, de-a lungul acestuia) și cea de distribuire a acestui lucru mecanic în modul cel mai uniform cu putință.

Puterea râului este o variabilă foarte relevantă pentru evaluarea mobilității albiei, câtă vreme se dispune de un set de valori clar definite în legătură cu inițierea mișcării sedimentelor și dirijarea transportului solid de fund. Însăși clasificarea diverselor morfologii ale albiei este, în ultimă analiză, un răspuns la căutarea echilibrului exprimat de balanța lui Lane, dacă, în plus, se ține seama de faptul că acțiunea modelatoare a curentului (exprimată de Q_S și D_{50}) include și disipările de energie induse de neregularitățile planimetrice (S_S) și altimetrice (S_F) ale cursului de apă. Plecând de la ecuația (3), D'Agostino (2005) propune o relație cu caracter lărgit, de generalitate, aplicabilă și în cazul albiilor montane – unde fenomenologia torențială implică procese hidraulice diferite de cele ale cursurilor de deal și șes –, exprimând stabilitatea albiei, de forma:

$$\frac{\Omega}{Y} \cong \alpha Q_S (D_{50} S_S S_F) \quad (5)$$

Unde: α este un coeficient de proporționalitate,

S_S reprezintă disiparea de energie de tip continuu, determinată de sinuozitatea cursului de apă și

S_F – suma tuturor acelor disipări de energie care nu pot fi exprimate numai în funcție de diametrul median al aluviunilor și care sunt imputabile ajustărilor altimetrice ale profilului longitudinal și forme secțiunii.

Răspunsul albiilor la schimbările în producția de apă și sedimente au loc în momente și locații diferite și cere diverse niveluri de cheltuială de energie (FISRWG, 2001). Modificările diurne ale afluxului de apă și aluviuni determină o ajustare frecventă a formelor patului albiei și a rugozității, în majoritatea râurilor cu pat mobil. Râurile se ajustează totodată periodic la evenimentele hidrologice extreme (niveluri extrem de ridicate sau,

dimpotrivă, extrem de scăzute), având în vedere faptul că acestea înlătură vegetația, dar creează totodată creșterea potențialului vegetativ (perioadele de secetă determină invazia vegetației în albie) de-a lungul coridorului fluvial.

14.2. RESTAURARE, REABILITARE, RECUPERARE

De-a lungul timpului, activitățile umane au contribuit la schimbări în echilibrul dinamic al sistemelor fluviale, oriunde în lume. Aceste activități sunt focalizate pe modificarea sistemelor coridoarelor fluviale cu scopuri dintre cele mai diverse, începând cu satisfacerea cerințelor de apă industrială și casnică, continuând cu irigații, transport fluvial, hidroenergie, prevenirea și combaterea inundațiilor, managementul exploatărilor forestiere, al recreării și estetic, și terminând cu cel mai recent, managementul habitatului natural (piscicultură, arii naturale protejate etc.)

Numai în România ultimilor 200 de ani, intervenția în sistemele fluviale, cu scopul protejării populației și bunurilor împotriva efectelor inundațiilor, s-a concretizat în realizarea a numeroase sisteme hidrotehnice, al căror efect cumulat se concretizează în schimbări semnificative, nu numai la nivelul coridoarelor fluviale, ci și la nivelul ecosistemelor din care acestea fac parte. Aceste schimbări includ degradarea calității apei, descreșterea stocului de apă și a capacității de tranzit al acestuia, degradarea habitatului faunei acvatice și diminuarea valorilor estetice și recreative. Nu este de neglijat totodată „variabilitatea climatică tot mai accentuată, manifestată prin creșterea frecvenței fenomenelor meteorologice extreme, posibile semnale ale unor schimbări climatice”¹.

„Inundațiile produse în anul 2005 – dar și în 2004 și 2006, n.n. – au scos în evidență anumite slăbiciuni ale tehnicilor utilizate pentru protecția împotriva inundațiilor, cât și a capacității de răspuns pentru gestionarea fenomenului”². Una dintre măsurile și acțiunile specifice adoptate de Strategia națională de management al riscului la inundații (2005) este cea a „reconstrucției și învățării din experiența anterioară” iar câteva din principiile fundamentale ale strategiei converg către o abordare ecosistemică a reconstrucției regimului natural de comportament al sistemului fluvial. Între acestea menționăm:

- *Acceptabilitatea ecologică a principiului dezvoltării durabile, prin determinarea gradului de autoreglare, dinamicii și diversității ecosistemelor afectate de inundații;*
- *Abordarea bazinală, implicând introducerea conceptului de plan de gestionare a riscului la nivel de bazin hidrografic;*
- *Abordarea interdisciplinară la nivel național și regional;*

¹ Citat din *Strategia națională de management al riscului la inundații. Prevenirea, protecția și diminuarea efectelor inundațiilor*. Guvernul României, 2005.

² Ibidem.

- *Aplicarea celor mai bune practici* propuse de Uniunea Europeană și de Comisia Economică a Națiunilor Unite pentru Europa, cum ar fi:
 - *Apa este un întreg* ⇔ apa este parte a circuitului hidrologic natural, iar circulația apei pe suprafața scoarței terestre este originea unei mari diversități a ecosistemelor și utilizării terenurilor;

- Stocarea apei în bazinele hidrografice în care se formează și în lungul coridorului fluvial;

- Mai mult spațiu pentru râuri ⇔ „lăsați râurile să curgă”;

Convergența conceptelor fundamentale și tehnicilor de abordare a designului coridorului fluvial subliniată de Skidmore *et al.* (2005) se concretizează în trei (FISRWG, 2001) sau patru (Breen *et al.*, 1999; Jennings *et al.*, 1999; Rutherford *et al.*, 2000; Stockwell, 2000) categorii largi de acțiuni și măsuri care să permită coridoarelor fluviale să-și refacă echilibrul dinamic și funcția de autosusținere (fig 14.3):

I. **Restaurare** (conform *National Research Council*, 1992, citat de FISRWG, 2001; Stockwell, 2000) = *restabilirea structurii și funcțiunilor ecosistemului preexistent; proces prin care un ecosistem este readus la structura și funcționalitatea anterioară perturbării*. Întrucât recrearea parametrilor care descriu structura și funcționalitatea sistemului inițial este imposibilă datorită fenomenului de *histerezis hidrologic* (Munteanu, Clinciu, 1980), restaurarea se rezumă la restabilirea structurii generale, a funcțiunilor generale, a dinamicii și – foarte important ! – a comportamentului de autosusținere.

Primul și cel mai important pas în implementarea restaurării este stoparea – pe cât posibil – a activităților perturbatoare, care au generat degradarea sau au împiedicat refacerea ecosistemului.

Acțiunile de restaurare se înscriu, așadar, într-un domeniu larg, începând cu demersuri pasive, care presupun înlăturarea/atenuarea activităților perturbatoare cronice, și terminând cu măsuri active destinate reparării defecțiunilor structurii coridoarelor fluviale. În practica restaurării, elaborarea proiectului presupune adoptarea uneia dintre opțiunile:

- *nonintervenția și însănătoșirea nederanjată* ⇔ în cazul coridoarelor fluviale care se refac rapid și restaurarea prin măsuri active este nu numai inutilă, ci chiar păgubitoare;

- *intervenția parțială pentru reconstruire asistată* ⇔ în cazul coridoarelor fluviale care prezintă un trend de revenire, dar această tendință este, în mod evident, pe cât de lentă, pe atât de incertă. În astfel de cazuri, acțiunile pot ajuta procesele naturale de reconstrucție care deja s-au făcut remarcate.

- *intervenția substanțială pentru o reconstruire condusă* ⇔ în cazul în care revenirea la funcțiile dorite depășește capacitatea de autoreparare a ecosistemului și se impun măsuri active de restaurare.

II. **Reabilitare** (conform Dunster, Dunster, 1996, citați de FISRWG, 2001) = *a face ca un teritoriu să redevină util după o perturbare*. Ea presupune refacerea funcțiunilor și proceselor ecosistemului în cazul unui habitat degradat. *Reabilitarea nu restabilește în mod absolut necesar*

condiția sistemului, anterioară perturbării, ci implică stabilizarea landșafturilor din punct de vedere geologic și hidrologic, astfel încât acestea să devină capabile să susțină un mozaic ecologic natural.

În concepția australiană a reabilitării (Breen *et al.*, 1999; Stockwell, 2000; Rutherford *et al.*, 2000; Jennings *et al.*, 1999), prin îmbunătățirea celor mai importante aspecte ale mediului râului se creează un coridor fluvial a cărui stare și funcționalitate, deși seamănă într-o măsură mai mare sau mai mică cu cele anterioare perturbării, nu este altceva decât o *îmbunătățire* a râului degradat și de cele mai multe ori un mediu valoros în propria sa existență.

După Stockwell (2000) *reabilitarea* unui râu degradat¹ presupune intensificarea funcționalității ecologice a sistemului pe coordonatele unei traiectorii de refacere spre o condiție îmbunătățită. Traectoria de refacere, în reabilitare, va avea o tendință similară cu cea a restaurării dar cu o finalitate diferită, *gen caracteristici tipice unei compoziții alterate de specii*.

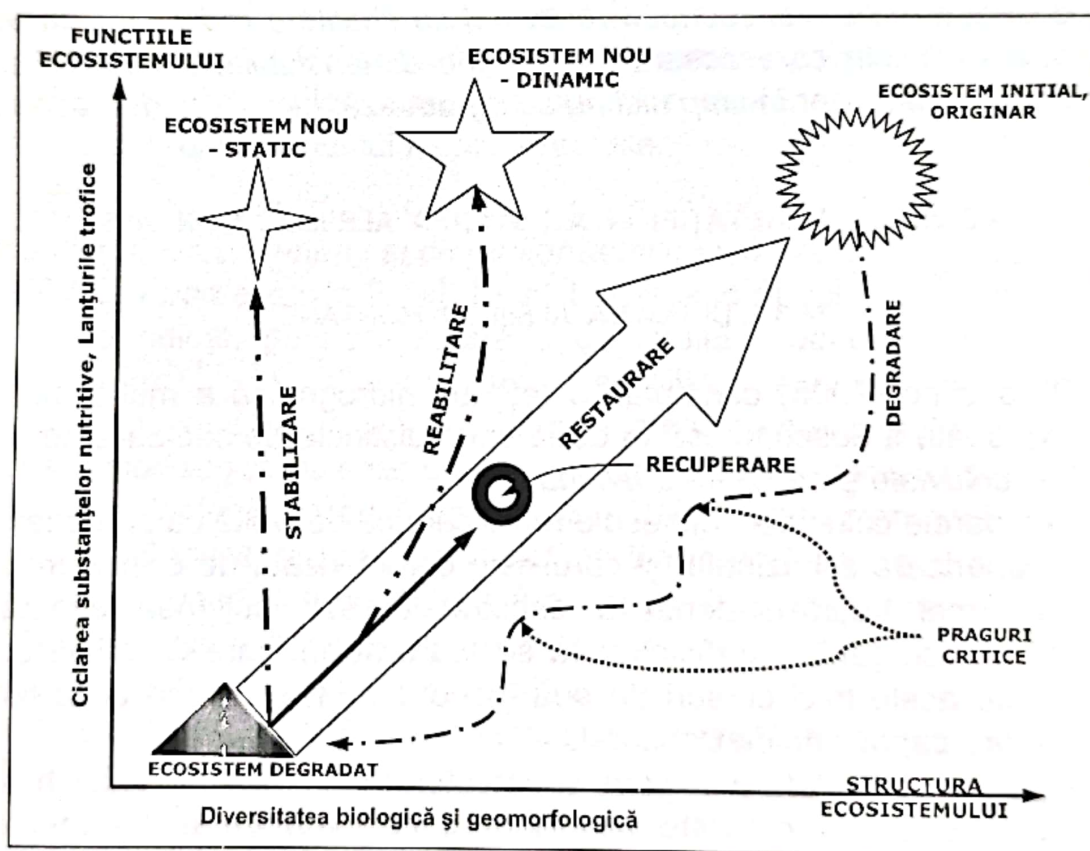


Fig. 14.3. Diferențele dintre restaurare, reabilitare, recuperare și stabilizare (adaptare Wheaton *et al.*, 2004 după Breen *et al.*, 1999).

III. **Recuperare** = o serie de activități destinate schimbării aptitudinilor biofizice ale unui ecosistem; ecosistemul rezultat în urma acestor acțiuni este diferit de cel anterior redresării (Dunster, Dunster, 1996, citați de FISRWG, 2001).

¹ Un râu degradat este definit ca: „orice râu care nu funcționează la potențialul său hidrologic și biologic” (Stockwell, 2000).

În situațiile în care starea originală a coridorului fluvial nu mai constituie un obiectiv corespunzător, datorită faptului că intrările din bazinul de recepție nu vor susține o astfel de stare, obiectivul recuperării este acela de a îmbunătăți condiția ecologică a râului, iar finalitatea acesteia nu va fi, obligatoriu, o stare identică stării originare (Breen, Walsh citați de Rutherford et al., 2000). Este cazul *bazinelor torențiale reîmpădurite* în care variabilele independente ale sistemului albiilor (debitul lichid și transportul de aluviuni) induc, prin procesele de ajustare, o stare a sistemului similară celei anterioare dezechilibrului, dar nu identică (fenomenul de histerezis hidrologic torențial– Munteanu, Clinciu, 1980).

Termenul de recuperare implică procesul de adaptare a resurselor naturale la obiective utilitariste umane, cum ar fi conversia ecosistemelor ripariene la folosințe agricole, industriale sau urbane.

IV. **Stabilizare** = termen introdus de Jennings și Harman (1999) și care definește un tip de recuperare având ca finalitate reconstituirea unei condiții a râului, în care acesta își menține dimensiunile, forma plană și profilul longitudinal, iar în timp nici nu se agradează, nici nu se degradează.

14.3. ROLUL VEGETAȚIEI ÎN AJUSTAREA ALBIILOR MONTANE

14.3.1. DINAMICA ALBIILOR MONTANE

D'Agostino (2005) constată că rețeaua hidrografică a multor bazine montane poate fi descompusă în două tipuri distincte de sectoare de albie: sectoare *coluviale* și sectoare *aluvionare*.

Sectoarele coluviale definesc o rețea care se dezvoltă cu precădere în partea superioară a bazinului și care este caracterizată de o incizare mai mult sau mai puțin evidentă a substratului sub acțiunea directă a concentrării scurgerii superficiale. Ca sectoare de incizare coluvială pot fi considerate acele mici cursuri de apă (de ordinul I) susținute de o firavă sau efemeră capacitate de transport.

Adâncimea limitată a incizării și caracterul efemer al fluxurilor hidrice în rețeaua coluvială nu determină mobilizarea masivă a sedimentelor localizate în albie. Debitul intermitent poate mobiliza doar o parte a acestor materiale și, ceea ce este important, *nu determină o selecție a lor prin transport*, așa cum se întâmplă în sectoarele din aval. Având pante accentuate, *sectoarele coluviale ale bazinelor montane pot induce un transport masiv de sedimente* ($\Leftrightarrow$ *curgeri detritice și/sau curgeri noroioase*), relaționat în cele mai frecvente cazuri cu însuși procesul de autoformare a albiei (influențat de aportul de materiale din sectoarele superioare), alunecările superficiale ale versanților și descărcarea pulsatorie de sedimente acumulate în timp sub efectul controlului puternic exercitat de vegetația arborescentă (debrisul organic mare).

Constituind componenta elementară a rețelei hidrografice, *rețeaua coluvială reprezintă o formă de tranziție între depozitul de suprafață al versantului și rețeaua hidrografică propriu-zisă.*

Cercetări întreprinse de D'Agostino și Vianello (2005) au arătat că *rețeaua coluvială există dacă, și numai dacă, puterea râului definită de:* $\Omega = \gamma Q_{bf} S$, în care Q_{bf} este debitul bankfull, *se situează în intervalul* $[35 \cdot S^{0.87}; 312 \cdot S^{0.97}]$. Valorile din afara acestui domeniu reprezintă fie scurgerea dispersă pe versant (sub limita inferioară), fie rețeaua aluvionară (peste limita superioară).

Aval de rețeaua coluvială, râurile montane se caracterizează printr-o sinuozitate redusă, sectoarele rectilinii, având lungimi echivalente cu $(20-25) \cdot B$ (B = lățimea albiei), fiind mult mai frecvente. Categoria albiilor rectilinii – dominante în sectoarele montane – se caracterizează prin pante accentuate (1...2%), o granulometrie a sedimentelor eterogenă, predominant grosieră, lipsa câmpiilor aluvionare extinse, aflorimente de rocă în lungul malurilor, absența corpurilor aluvionare centrale, secțiuni încătușate, profil al fundului încastrat în vale.

Transportul solid este dominat de aluviunile târâte, rezultat al curenților hiperconcentrați ai curgerilor detritice (cu precădere în bazine sub 1 000 ha și pante peste 20%). Nivelul energetic al cursurilor rectilinii este destul de ridicat, puterea unitară a curențului situându-se între 300 și 1000 $W \cdot (m^2)^{-1}$. În căutarea unui echilibru, această energie este contrabalansată de o granulometrie mare a sedimentelor și de organizarea în unități morfologice puternic disipative, reprezentate de praguri și adâncuri – sau, în terminologia propusă de Manoliu, 1973, pentru step/pool, praguri și adâncituri. Dezvoltarea acestor unități se întrerupe brusc, sau se alterează semnificativ, dacă din amonte se furnizează, în mod neașteptat, un debit solid excesiv generat de fenomene de alunecare adiacente albiei, care sunt foarte frecvente în zona flișului carpatic.

Sectoarele cu praguri și adâncuri se dezvoltă pe pante mai mari de 3–4%.

Cercetări întreprinse de D'Agostino și Vianello (2004), relevă faptul că B_{bf} (lățimea albiei bankfull) a segmentelor de albie caracterizate de praguri și adâncituri tinde să crească aproape linear cu suprafața drenată, iar rata creșterii lățimii unității de adâncuri este mai mică cu circa 30% față de rata creșterii lățimii unității de praguri. Acest rezultat poate fi atribuit – după opinia autorilor – circumstanței că sectoarele de adâncuri preferă, prin formarea lor, secțiunile cele mai strâmte (cel mai adesea datorită încătușării generate de straturi dure, care aflurează în zona malurilor). Pe de altă parte, repezișurile, care induc cvasicontinuu, la nivelul patului albiei, fenomene de pavare, încurajează un fenomen de eroziune majoră a malurilor.

După D'Agostino (2005), înălțimea pragurilor variază în intervalul $(1 \div 4)D_{90}$, iar raportul H/D_{90} se situează între 2 și 2,5. După același autor, unul dintre elementele caracteristice cele mai importante ale adâncurilor este lungimea de undă a pragului (L_s), care exprimă interdistanța dintre secțiunile albiei având viteza medie a curentului similară: $L_s = (0,5 \div 1,6)B_{bf}$, în medie raportul L_s/B_{bf} fiind egal cu 1. În sectorul cu adâncuri câmpul de mișcare este dominat de repetate salturi hidraulice, astfel încât, în special în condiții de inundație, se dezvoltă aval de prag vârtejuri mai mult sau mai puțin înecate. Conform acestei ipoteze, factorul de scară cel mai important pentru L_s ar putea fi înălțimea pragului H sau diferența de nivel între praguri succesive (z). Pe baza cercetărilor proprii, D'Agostino stabilește că valoarea medie a raportului L_s/H este de 5,7, cu 70% din valori situate în intervalul 4...7, iar relația dintre L_s și z se exprimă prin funcția: $L_s = 6,18 z^{0,48}$.

Deoarece adâncimea curentului este direct legată de debitul lichid, acesta la rândul lui determinând W_{bf} , relația precedentă se ameliorează dacă se raportează și la aceasta: $L_s = 2,73 z^{0,32} B_{bf}^{0,47}$, care, prin coeficientul de determinație ridicat, pare a confirma dubla dependență a lungimii de undă de diferența de nivel dintre pragurile succesive și adâncimea curentului (sau debitul de formare).

Confirmarea este demnă de luat în seamă în studiul și analiza sectoarelor pe care se prevăd amenajări de albie cu traverse. Plecând de la considerentele de mai sus și conducând măsurători pe sectoare de albie cu adâncuri se pot stabili relații de amplasare cvasinaturale a succesiunii de traverse. Totodată măsurători conduse pe sectoare amenajate, pe care s-au produs accidente și avarii la lucrările transversale de această natură, pot genera un răspuns la întrebarea: de ce prima traversă dintr-un sistem este foarte repede eliminată?

Springer și Golden (2005), pornind de la constatarea că există puține cercetări îndreptate spre stabilirea unor relații între geometria hidraulică a albiei, dimensiunile caracteristice ale sedimentelor și puterea râului în bazine hidrografice montane cu suprafețe sub 1 000 ha, întreprind o serie de cercetări de teren și concluzionează următoarele:

- descrierea, într-un model, a sistemelor fluviale montane poate fi făcută utilizând reguli și relații relativ simple, cum ar fi $\omega \sim f(D_{50})$;
- în cadrul sistemului, diametrul median al aluviunilor (D_{50}) și puterea unitară a râului (ω) sunt ajustate mutual;
- există o relație liniară logaritmică puternică între panta albiei și raportul D_{50}/F , unde F este aria de drenaj, atribuită ajustării mutuale a pantei în raport cu diametrul median al aluviunilor;
- ajustările mutuale menționate nu sunt dependente de rezistența substratului, puterea unitară a râului nefiind influențată de formațiunile geologice subiacente sau morfologia albiei;
- fluctuațiile puterii unitare a râului reflectă ajustări sistematice ale parametrilor geometriei hidraulice, inclusiv ale pantei albiei.

14.3.2. AJUSTAREA ALBIILOR ȘI VEGETAȚIA RIPARIANĂ

După Schmidt și Potyondy (2004) o albie care funcționează normal, nu numai că asigură transportul apei și al sedimentelor, ci menține vegetația adecvată adiacentă sieși pentru a asigura protecția integrității malurilor și luncii și totodată elimină vegetația perenă din cuprinsul său pentru a-și asigura o secțiune liberă corespunzătoare. Acest rol – aparent paradoxal – se manifestă datorită contradicțiilor care există între vegetație și curenții albiei. *Plantele tind, în mod continuu, să invadeze și să ocupe orice suprafață umedă viabilă. Rezultă o populație densă cu înrădăcinare abundentă care determină protecția malurilor împotriva forțelor de antrenare generate de curenții de apă. Apa are o influență pozitivă asupra vegetației deoarece asigură umiditatea necesară supraviețuirii plantelor, dar inundă și afuiază totodată vegetația instalată pe conturul secțiunii active a albiei. Din punct de vedere al mentenanței albiei, latura negativă a dezvoltării plantelor constă în aceea că vegetația se instalează în albie în timpul perioadelor de ape mici, obstrucționând funcția de transport a apei și aluviunilor în perioada apelor mari.*

Cei mai importanți factori fizici implicați în ajustarea albiilor, raportați la vegetație, sunt rolul pe care îl joacă sistemul de rădăcini al plantelor în consolidarea solurilor din maluri și modul în care vegetația luncii determină creșterea rezistențelor hidraulice în perioadele de inundații, cu implicații în micșorarea vitezelor, capturarea aluviunilor și menținerea altitudinii relative a luncii. Vegetația adiacentă conturului activ al albiei, de-a lungul acesteia, este implicată în stabilitatea malurilor, fiind astfel deosebit de importantă în mentenanța râurilor.

După cum subliniază Ichim et al. (1989), *vegetația din maluri exercită un control important în ceea ce privește forma secțiunii transversale, evident mai ales în cazul albiilor mici, în lungul cărora se identifică variații ale lățimii lor, în funcție de formațiunea vegetală dominantă a zonei ripariene tranzitate.*

În acest context, autorii citează lucrarea lui Zimmermann et al., 1967, care, în urma unor cercetări întreprinse pe albiile ale râurilor mici din Vermont (SUA), constată că *lățimea albiilor care traversează o zonă ripariană dominată de formațiuni forestiere este – în mod paradoxal, dacă avem în vedere binecunoscutul efect de protecție al acestora – mai mare decât cea a albiilor care traversează o zonă dominată de formațiuni caracteristice fânețelor (ierburi perene) și, mai mult decât atât, o albie care străbate alternativ zone ripariene forestiere și zone ripariene erbacee își mărește, respectiv micșorează alternativ secțiunea transversală.*

Fără a încerca o explicație, această constatare o face și Cristescu (1992), în bazinul hidrografic torențial Caci (Bârsești–Vrancea) și bazinul hidrografic experimental Hurjui (Nereju–Vrancea).

Mai târziu, Davis-Colley (1997) demonstrează, la antipozi, că afirmațiile lui Zimmermann sunt cât se poate de reale. Măsurătorile întreprinse de autor în douăzeci de râuri cu suprafețe variind între 0,16 și 28,32 km²

evidențiază că – pentru același substrat litologic – lățimea albiei (B , în m) în funcție de aria de drenaj (F , în km^2) corespunzătoare secțiunii de control, este:

$B_F = 3,06F^{0,363}$ în cazul albiilor care tranzitează formațiuni forestiere, și
 $B_P = 1,76A^{0,508}$ în cazul albiilor care tranzitează pășuni. Cele două curbe descrise de ecuațiile de mai sus converg la o valoare a suprafeței de drenaj de circa 31 km^2 .

Exponentul funcțiilor demonstrează că B_F crește mai încet cu suprafața de drenaj decât B_P . Convergența regresiilor sugerează că raportul B_P/B_F se mărește odată cu creșterea dimensiunilor râului:

- Variația acestui raport în funcție de F , urmează un model în S , cu $B_P/B_F \in [0,5; 1,0]$.
- La limita inferioară, $B_P = 2 \times B_F$ în cazul bazinelor cu $F < 1,0 \text{ km}^2$ și $B_F \leq 2 \text{ m}$, iar la limita superioară, $B_P = B_F$, la bazine cu $F > 30 \text{ km}^2$ și $B_F > 10 \text{ m}$.

Davis-Colley (1997) explică acest fenomen prin aceea că, după eliminarea pădurii din zona ripariană, vegetația erbacee invadează secțiunile active ale râului, capturând sedimente și inhibând eroziunea (*prin majorarea efortului critic de antrenare pe contur*) la debite mari, ceea ce determină o ajustare a albiei în sensul îngustării. În acest sens, este demnă de luat în seamă observația lui Bischetti (2005) - care citează experimentele întreprinse de Ree, 1949 – referitoare la comportamentul vegetației erbacee submersate în curent și anume: *variația coeficientului de rugozitate (Manning) urmează o relație direct proporțională cu creșterea adâncimii curentului până la pragul critic determinat de rezistența la flexiune a vegetației. Odată depășit acest prag critic, valorile coeficientului Manning cunosc o scădere bruscă pe un interval restrâns de creștere a adâncimii, urmată de o scădere lentă ce tinde spre nonvarianță. Ceea ce determină – la aceeași suprafață udată – o mărire corespunzătoare a vitezei. Este posibil ca aceasta să nu depășească viteza critică de antrenare a aluviunilor consolidate de sistemul radicular al vegetației. Citând experimente efectuate de Soil Conservation Service–USDA, 1966 și Kouwen, 1988, Bischetti (2005) evidențiază că rugozitatea – și deci rezistența la curgere – este influențată de caracteristicile vegetației: flexibilitate (modulul de elasticitate mecanică), înălțime, număr de frunze, specie.*

Este interesant de remarcat, în același context, că *puterea unitară a râului rămâne constantă* printr-un mecanism de ajustare a variabilelor sale de control la nivel hidraulic, ceea ce vine în sprijinul ipotezei formulate de Davis-Colley (1997). De altfel acesta, citându-l pe Smith, 1976, arată că *acumularea de sedimente din malurile cu un strat de 5 cm de rădăcini ierboase poate avea o rezistență la eroziune, în timpul viiturilor, de 20 000 ori mai mare decât a sedimentelor neprotejate de vegetație.*

Cum cercetările lui Davis-Colley (1997), ca și cele ale predecesorilor, evidențiază că acest fenomen se întâlnește la râuri mici, cu suprafața bazinului

sub 3 100 ha (cazul majorității bazinelor hidrografice torențiale din zona forestieră a României), o aprofundare prin cercetare a acestor aspecte constituie o provocare majoră, la care este necesar a se răspunde, în condițiile în care se dorește o restaurare a funcțiilor de autosusținere a albiilor montane.

În sfârșit, Anderson, Bledsoe și Cully (2004), utilizând date furnizate de 39 de cercetări diferite în peste 1 100 de locații, cu mai mult de 65 de variabile măsurabile sau descriptive, pe baza unei analize sprijinite de ramificarea regresiei, plecând de la relația cunoscută din geometria hidraulică de-a lungul râului¹ concluzionează că:

– procesele generale care determină lățimea albiei sunt diferite în râurile mici și respectiv râurile mari;

– diferențele între regresii determinate cu metoda celor mai mici pătrate demonstrează că, pentru același debit bankfull, albia cu vegetație deasă este mai îngustă;

– panta liniei de regresie pentru vegetație densă este mai accentuată decât cea pentru vegetație rară și, pe măsură ce lățimea albiei se apropie de 50 m ($Q_{bf} \sim 300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), efectele vegetației asupra lățimii devin din ce în ce mai puțin distincte, intervalele de confidență ale regresiilor suprapunându-se;

– albiile înguste care străbat zone ripariene dominate de vegetație erbacee își măresc lățimea în direcția aval mai repede decât albiile care tranzitează zone ripariene forestiere;

– efectele vegetației coexistă cu factorii de control dați de sedimentele malurilor; stratificarea datelor în funcție de condițiile de vegetație pune în evidență faptul că albiile protejate masiv de aceasta se îngustează proporțional cu scăderea procentului de nisip și argilă din materialele constitutive ale conturului albiei;

– interacțiunile dintre vegetația malurilor și scara bazinului sunt evidente numai în regiuni cu regim de precipitații medii anuale de peste $1400 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$;

– interacțiunile vegetație-scară par să răstoarne procesele care controlează lățimea albiei; la suprafețe de drenaj de ordinul $10 \dots 20 \text{ km}^2$ vegetației dense i se asociază albi mai largi decât cele asociate vegetației rare, în timp ce în bazine cu suprafețe peste această mărime fenomenul se inversează.

14.3.3. STABILITATEA MALURILOR ȘI VEGETAȚIA RIPARIANĂ

Instabilitatea malurilor este determinată de două categorii de procese, care acționează individual sau în combinație:

I. eroziunea conturului albiei;

II. deplasările în masă (mișcările gravitaționale), la rândul lor subdivizate în:

¹ $B = \alpha \cdot Q^\beta$ (Leopold și Maddock, 1953), în care: B este lățimea albiei (m); Q —debitul de formare a albiei (debitul bankfull sau debitul efectiv, definit ca debit cu interval de recurență cunoscut – de obicei 1,5...2 ani) ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); α și β —coeficienți de regresie.

- *mişcări planare*, caracteristice malurilor abrupte constituite din materiale granulare necoezive și nestratificate;
- *mişcări rotaționale*, tipice malurilor abrupte constituite din materiale coezive, nestratificate;
- *prăbușiri*, caracteristice situațiilor în care materialele constitutive ale malului sunt dispuse în straturi (cele superioare mai mult sau mai puțin coezive, cele inferioare ușor erozibile);
- *tasări*, generate de procese de sufoziune, în corespondență cu strate intermediare ușor erozibile.

Cea mai simplă schemă de evaluare a factorului de stabilitate (fig. 14.4) se referă la *determinarea înălțimii critice a malului* pornind de la principiul echilibrului limită a unei mase triunghiulare care alunecă pe o suprafață plană și de la criteriul de rupere Mohr-Coulomb.

În condiții date, factorul de stabilitate se determină cu relația:

$$F_s = \frac{c + (\cos\theta - u)\tan\phi}{\gamma \sin\theta} \quad (6)$$

în care u este presiunea interstițială. În cazul când se consideră $u = 0$, înălțimea critică a malului se determină cu relația:

$$H = \frac{4 \cdot c \cdot \sin\beta \cdot \cos\phi}{\gamma[1 - \cos(\beta - \phi)]} \quad (7)$$

Este important de subliniat că, în cazul coeziunii, se consideră atât coeziunea dată de natura materialului constituent al malului, cât și *coeziunea dată de sistemul radicular al comunității de plante*.

Darby și Thorne, 1996 – citați de Bischetti, 2005, menținându-se în limitele ipotezei echilibrului limită și al criteriului de rupere Mohr-Coulomb, au propus o variantă de evaluare a factorului de stabilitate care ține seama de geometria efectivă a masei instabile, de presiunea interstițială (în pori) și de presiunea hidrostatică a apei.

Bischetti (2005) trece în revistă și alte dezvoltări ale modelelor, în care se iau în considerare și stratificația depozitelor din maluri, potențialul matriceal al solurilor din care sunt constituite stratele, suțiuarea stratelor nesaturate și *prezența vegetației*.

Din punctul de vedere mecanic, comportamentul unui pământ înrădăcinat este analog celui al unui material compozit, constituit dintr-o matrice relativ plastică în care sunt înglobate fibre elastice caracterizate prin rezistență la întindere (tracțiune) apreciabilă (teoria pământurilor armate). Când pământul este supus unei forțe tăietoare, prin intermediul efortului tangențial dezvoltat între particulele de pământ și suprafața exterioară a rădăcinilor, se mobilizează o rezistență adițională datorată dezvoltării forțelor de tracțiune din interiorul rădăcinilor, astfel că solul în întreaga sa complexitate acumulează o rezistență mare. Ansamblul armăturii va depinde astfel de cantitatea de rădăcini prezente în pământ la diverse adâncimi și de însăși rezistența rădăcinilor.

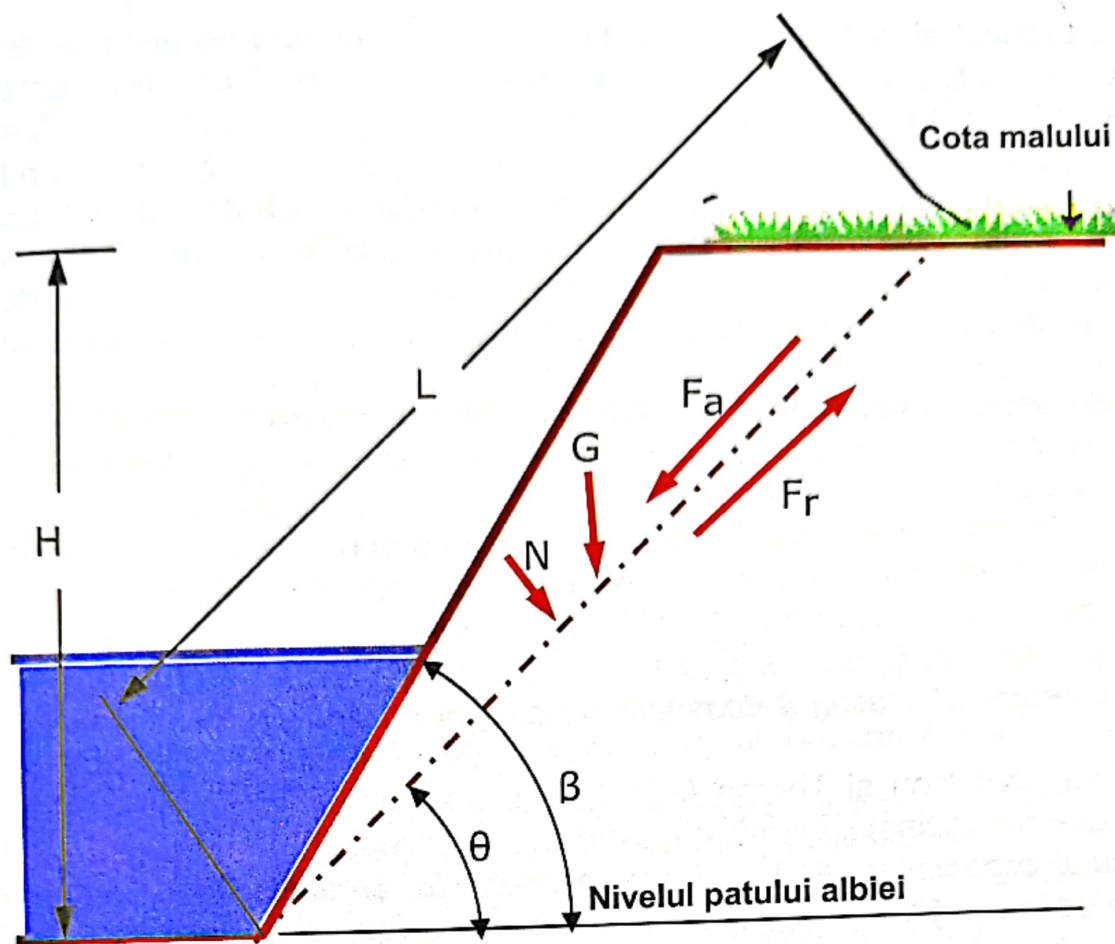


Fig. 14.4. Forțele care acționează asupra malului albiei considerând presiunea apei în pori egală cu zero (FISRWG, 2001). H = înălțimea critică a malului, L = lungimea planului de cedare, c = coeziunea, ϕ = unghiul de frecare, γ = greutatea volumetrică a pământului, G = greutatea blocului alunecat, β = unghiul de înclinare a malului, $F_a = G \sin \theta$ (forța de antrenare), $F_r = cL + N \tan \phi$ (forța de rezistență), $N = G \cos \theta$, $\theta = (0,5\beta = 0.5\phi)$ (unghiul planului de cedare).

Conform lui Bischetti (2005), cuantificarea armării generate de rădăcini se poate stabili prin probe prelevate de la diverse adâncimi și prin supunerea lor la teste de tăiere directă. Dar, același autor este de părere că dezvoltarea unor modele fundamentate pe teoria pământurilor armate ar fi o cale de abordare mult mai simplă. Pentru aceasta, el propune o serie de ipoteze simplificatoare, subliniind că o creștere a rezistenței la tăiere datorită prezenței rădăcinilor se poate exprima prin relația: $C_r = k' t_r$, unde: t_r este rezistența la tracțiune medie, mobilizată de unitatea de arie a pământului (kPa) iar k' = un coeficient care ține cont de descompunerea rezistenței la tracțiune a rădăcinii; și care din considerente geometrice simplificatoare, acest coeficient poate fi exprimat de relația:

$$k' = (\cos \theta \tan \Phi + \sin \theta) \quad (8)$$

unde: θ este unghiul de înclinare al rădăcinii față de perpendiculara pe planul de tăiere, iar ϕ – unghiul de frecare interioară al solului.

La rândul ei, rezistența medie la tracțiune mobilizată pe unitatea de arie a solului, t_r , poate fi determinată ca: $t_r = T_r a_r$, în care T_r este rezistența medie la tracțiune, mobilizată pe unitatea de arie ocupată de rădăcini; $T_r = \alpha d_r^{-\beta}$, α și β fiind constante dependente de specie, iar d_r – diametrul rădăcinilor, dependent de specie, clasă de producție, vârstă etc., într-un cuvânt de elemente structurale ale populației de plante; a_r = raportul ariei înrădăcinate (A rădăcini/ A totală a solului cu rădăcini), dependent de condițiile staționale în care se dezvoltă fitocenozele, diversitatea speciilor etc.

Un aspect important al influenței vegetației asupra formei albiei și proceselor de transport este legat de debrisiul organic, definit de Ichim et al. (1989) ca „resturi de trunchiuri și crengi transportate în timpul viiturilor și părăsite în malurile și în albiile de râu”. Debrisul organic poate afecta forma și procesele de albie prin creșterea sau descreșterea stabilității malurilor și favorizarea formării unor bare¹ centrale. În albiile montane mici, de ordinele II–III, predominant forestiere, debrisiul organic și procesele legate de acesta, reprezintă factorul dominant de control al morfologiei și dinamicii albiilor.

Sear, Newson și Thorne (2003), în baza cercetărilor întreprinse pe mai toate meridianele afirmă că „este cât se poate de limpede că rolul debrisiului organic mare (LWD) sau a debrisiului organic grosier (coarse woody debris – CWD) cum mai este denumit, a fost, și în anumite locații este, un factor semnificativ de control al tranzitării apei și sedimentelor prin rețeaua hidrografică și luncile inundabile”.

Local și în unele sisteme fluviale la scară extinsă, LWD influențează semnificativ morfologia albiilor și trăsăturile fizice ale habitatului asociat. Relativa extindere a influenței LWD depinde de scara râului și de gradul de rezistență al materialelor de pe conturul albiilor. De exemplu, în albiile râurilor mici, unde lățimea acestora este mai mică sau similară celei echivalente LWD, se pot forma baraje de debris care, obturând albia, provoacă dirijarea apei și aluviunilor fine către luncă.

Mai mult decât atât, în bazinele montane forestiere, în care se exercită o exploatare sistematică a pădurilor – inevitabilă de altfel –, LWD este „ajutat” de proasta gestionare a resturilor de exploatare și de constrângerile albiei (poduri, podețe), cu consecințe deseori catastrofale produse în vara anilor 2004 și 2005 în bazinele hidrografice ale afluenților râului Trotuș (Asău, Ciobănuș, Slănic, Șugura, Agăș etc.), unde un rol major în declanșarea unor unde de viitură excepționale l-a avut debrisiul organic mare și barajele de debris formate în secțiunile podețelor drumurilor forestiere.

¹ bară ⇔ termen geomorfologic desemnând o depunere aluvionară sub formă de val sau prag, cel mai adesea submers.

BIBLIOGRAFIE

- Ancey, Ch., 1998, *Une introduction à la Dynamique des Avalanches et des Écoulements Torrentiels*, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, ENAC/ICARE/LHE, Suisse, 62 p.
- Anderson, R.J., Bledsoe, B.P., Cully, H., 2004, *Width of streams and rivers in response to vegetation, bank material, and other factors*. Journal of American Water Resources Association (JAWRA) 40 (5), pp. 1159-1172.
- Bischetti, G.B., 2005, *Interazione tra vegetazione e seflusso e stabilità delle sponde*. In D'Agostino, V. & Carraro, V. (eds), *Conoscere il sistema fiume in ambiente alpino*. Pubblicazione del Corso di Cultura in Ecologia, Atti de 41mo corso, Università di Padova, pp. 75-90.
- Breen, P., Lake, S., Rutherford, I., 1999, *Stream Rehabilitation: Priorities and Possibilities – Presentation Notes*. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Victoria.
- Bruce, N., W., 2003, *Lecture notes for BAE 8513: Hydrologic modeling, of small watersheds*. University of Minnesota.
- Church, M., 2002, *Geomorphic thresholds in riverine landscapes*. In *Freshwater Biology* 47, Blackwell Science Ltd, Vancouver, pp. 541-557.
- Cristescu, C., 1992, *Some results concerning the dynamics and morphology of channels in small watersheds affected by torrent control hydraulic structures*. Comunicare Simpozion Dynamics and Geomorphology of Mountain Rivers, COMTAG-BERG, Benediktbeuren.
- D'Agostino, V., 2005, *Morfologia e dinamica dei corsi d'acqua montagna*. In D'Agostino V. & Carraro V. (eds), *Conoscere il sistema fiume in ambiente alpino*. Pubblicazione del Corso di Cultura in Ecologia, Atti del 41.mo corso, Università di Padova: pp. 96-111.
- D'Agostino, V., Vianello, A., 2004, *Analisi di campo sulla larghezza a piene rive in un torrente delle Dolomiti*. Rivista di Ingegneria Agraria, 4 (XXXV), pp. 53-68.
- D'Agostino, V., Vianello, A., 2005, *Identificazione morfodinamica del reticolo idrografico: integrazione fra rilievi di campo e tecniche GIS*. In Ferro, V. (ed), *Quaderni di Idronomia Montana*, 24: Recenti acquisizioni nel settore delle sistemazioni Idraulico-Forestale, Cosenza, pp. 271-290.
- Davis – Colley, R.J., 1997, *Stream channel are narrower in pasture than in forest*. New Zealand Journal of Marine and Fishwater Research 31, pp. 599-608.
- Fabrizio, R., Bianco, R., 2002, *La ricostruzione dell'andamento granulometrico lungo un corso d'acqua nell'ambito degli studi di idraulica fluviale*, 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Potenza, 8 p.
- FISRWG (The Federal Interagency Stream Restoration Working Group), 2001, *Stream corridor restoration: Principles, Processes, and Practices*. GPO Item No. 0120 – A; SuDocs No. A 57.6/2:EN3/PT.653. ISBN 0934213593, 637 p.
- Guvernul României (GUVROM), 2005, *Strategia națională de management al riscului la inundații. Prevenirea, protecția și diminuarea efectelor inundațiilor*.
- Hâncu, S., 1976, *Regularizarea albiilor râurilor*, Editura Ceres, București, 144 p.
- Heaton, M.G., Imhof, J.G., Grillmayer, R., 2000, *Ontario's stream rehabilitation manual*. Ontario Streams & Ontario Ministry of Natural Resources and Environment Canada's Great Lakes 2000 Cleanup Fund. 76 p.
- Hope Kavage, R., Spotila, J.A., 2001, *Controls on the form and function of headwater channels in humid, moderate-relief drainage basins*, American Geophysical Union Annual Meeting.
- Ichim, I., Bătuță, D., Rădoane Maria, Duma, D., 1989, *Morfologia și dinamica albiilor de râuri*, Editura Tehnică, București, 405 p.
- Jennings, G.D., Harman, W.A., 1999, *Stream restoration lessons learned in North Carolina, USA*. In Rutherford, I. and Bartley R. (Eds) *Proceedings, Second Australian Stream Management Conference*, Vol 1, Adelaide, pp. 359-364.
- Liquori, M., 2005, *Landscape control on forested headwater channel morphology*, Forest Resources (Internet).

DYNAMICS OF CHANNELS IN SMALL, PREDOMINANTLY FORESTED WATERSHEDS IN THE LIGHT OF STREAM RESTORATION CONCEPTS

ABSTRACT

Starting from the finding that, on the one hand, the intensification of disturbances in mountain catchments involves impacts both on headwater streams themselves and downstream river networks and, on the other hand, the transformation of forest areas both in their extent and ecosystem structure and state, bring changes to and place stresses on the stream corridors, the authors review the most important concepts which ground a new becoming science: *the natural channel design*. Among these: the fluvial system with its integrated divisions watershed system – stream corridor – upland fringe, geomorphologic systems hierarchy, or holarchy, rivus continuus and stable channel.

All these concepts converge, together with stream restoration/rehabilitation/ reclamation/remediation best practices and actions, to a new approach of *self-sustaining streams ecosystems* rebuilding.

The authors bring forward some points of the directions of the research development concerning the relations between forest stand structure, large woody debris and the adjustment of mountain streams hydraulic geometry and bank stability assessment reported on riparian ecosystem characteristics.

Key words: mountain stream channel, hydraulic geometry, river adjustment, riparian ecosystem, stream restoration.

15. CU PRIVIRE LA GESTIONAREA DURABILĂ A PĂDURILOR DIN BAZINELE HIDROGRAFICE TORENȚIALE

VICTOR GIURGIU¹

15.1. CONSIDERAȚII REFERITOARE LA STAREA ACTUALĂ A BAZINELOR HIDROGRAFICE TORENȚIALE

Pentru început precizăm că prin *bazine hidrografice torențiale* înțelegem „acele bazine unde s-a produs un dezechilibru hidrologic avansat, respectiv un dezechilibru între precipitațiile căzute și cantitatea de apă care se scurge, în unitatea de timp, pe versanți și pe rețeaua hidrografică, cu consecințe grave asupra distrugerii stratului de sol și transportului de aluviuni” (Munteanu *et al.*, 1991). De asemenea, acceptăm că „Deosebirea esențială dintre rețeaua hidrografică a bazinelor *netorențiale* și cea a bazinelor *torențiale* este că în cazul celor din urmă aceasta este puternic afectată de apele de viitură” și că „rețeaua prezintă maluri puternic înclinate până la abrupte, lipsite sau aproape lipsite de vegetație, în lungul cărora se produc surpări și alunecări de teren. O caracteristică esențială a rețelei hidrografice torențiale este dată de *profilul ei longitudinal*, cu pante mari și neregulate, care depășesc, în general 5%, mergând până la 10 ... 20% și chiar mai mult”.

În acord cu aceste precizări, profesorul Stelian Munteanu, în ultima sa lucrare publicată, a afirmat că „*peste 60% din lungimea rețelei hidrografice a țării noastre are un accentuat caracter torențial*”, ceea ce, implicit, înseamnă că în spatele acestei rețele a existat și persistă o enormă suprafață de bazine hidrografice torențiale cu versanții lor dezechilibrați. Acest fapt ar trebui să constituie un foarte serios motiv de îngrijorare atât pentru factorii de decizie din țară, cât și pentru comunitatea oamenilor de știință și populația României.

Pasivitatea clasei politice și a guvernanților față de incredibila stare menționată mai sus favorizează accentuarea consecințelor negative, bine cunoscute, ale acestui dezechilibru, dintre care menționăm:

– producerea de mari inundații catastrofale, cum au fost cele din anii 1970, 1975 și 2008, dar și amplificarea viiturilor rapide în bazine hidrografice mici, viituri tot mai frecvente în ultima perioadă, acestea din urmă fiind și un efect al schimbărilor climatice globale (Giurgiu, 2005, 2006);

¹ Profesor, doctor docent, membru corespondent al Academiei Române

- scăderea până la pierderea totală a fertilității solurilor;
- colmatarea lacurilor de acumulare într-o perioadă mult mai redusă decât cea avută în vedere la proiectare;
- provocarea de mari și păguboase alunecări de teren;
- colmatarea și înălțarea patului albiilor din părțile mijlocii și inferioare ale râurilor, ceea ce favorizează formarea de inundații chiar și la cantități mai reduse de precipitații;
- producerea de grave perturbații sociale, finalizate cu sărăcirea accentuată a populației din bazinele hidrografice torențiale, acest proces finalizându-se frecvent cu migrații ale oamenilor disperați.

Dezechilibrul bazinelor hidrografice, în special al miilor de bazine relativ mici ca suprafață din zonele montane și de dealuri, este o consecință directă a următorilor factori:

a) *Pregnanta predispoziție pentru torențialitate a cadrului natural din zonele montane și de dealuri* (relief accidentat, pante mari, energia de relief ridicată, substraturi litologice friabile, frecvente precipitații torențiale ș.a.). Așa se explică faptul că în aceste zone „se produc, într-un timp foarte scurt, un considerabil aflux de apă și concentrări rapide ale scurgerii superficiale în rețeaua hidrografică” (Munteanu et al., 1991).

În toate împrejurările trebuie avut în vedere adevărul potrivit căruia rețeaua hidrografică a țării noastre își are obârșia în lanțul munților Carpați, unde relieful este deosebit de accidentat, iar precipitațiile torențiale sunt frecvente, existând o mare probabilitate ca această frecvență să crească odată cu intensificarea consecințelor schimbărilor climatice globale.

Mai amintim că aceste particularități ale cadrului natural carpatin al țării noastre a fost semnalat încă din secolul al XIX-lea de renumitul silvicultor francez G. Huffel (1894), care, atunci, se întreba retoric: „*munții României așa de susceptibili a se surpa și a da loc la eroziuni și inundații când se dezgolesc, ce ar deveni ei dacă s-ar despăduri sistematic?*”

b) *Defrișările masive și succesive oficializate prin decizii politice neraționale*. Așa au fost hotărârile politice și legile adoptate după: dobândirea independenței economice a Principatelor Române în urma Păcii de la Adrianopol (1829); reforma agrară din 1864; primul război mondial, când au fost defrișate circa 1,5 milioane ha; evenimentele politice din decembrie 1989 însoțite de legi nechibzuite de reconstituire a dreptului de proprietate asupra terenurilor agricole și forestiere. Astfel, în ultimele două secole, procentul de împădurire a țării a scăzut de la 55–60% la 27% cât este în prezent (cu mult sub procentul optim de împădurire de 40–45%). Dacă, însă, luăm în calcul doar terenurile forestiere *funcționale* din punct de vedere hidrologic și antierozional, procentul real de împădurire al țării noastre este de numai 23–24%, în timp ce gradul de împădurire al țărilor europene cu condiții naturale apropiate de cele ale României este de 35–55%!

Păguboasă a fost defrișarea cvasitotală a jnepenișurilor, nesocotindu-se eficacitatea ridicată a acestora sub raport hidrologic și antierozional, așa cum vom arăta mai departe.

c) *Gospodărirea nerațională a pădurilor, însoțită de reducerea considerabilă a eficacității hidrologice și antierozională a arboretelor.* Ne referim la: aplicarea aproape generalizat a unor tratamente care au dereglat regimul apelor și stabilitatea versanților, cum sunt tratamentul tăierilor rase (pe mari suprafețe, de 3–100 ha) și tratamentele cu perioadă scurtă de regenerare (tabelul 15.1); reducerea consistenței arboretelor, existând în fondul forestier național o suprafață de cel puțin un milion ha cu arborete având indici de închidere a coronamentului mai mici de 0,75 și, în consecință, o eficacitate hidrologică relativ redusă; destructurarea arboretelor pluriene și amestecate și înlocuirea lor cu arborete echine și pure, având o eficacitate ecoprotectivă redusă; supraexploatarea pădurilor și practicarea unor tehnologii necologice de exploatare a lemnului și de construire a drumurilor forestiere; brăcuirea multor arborete aflate în proprietate privată, ceea ce le reduce potențialul lor ecoprotectiv.

Tabelul 15.1

Coeficientul scurgerii de suprafață și eroziunea solului în raport cu tratamentele aplicate (Giurgiu, 1978; după Poliacov, 1970)

Tratamentul	Coeficientul scurgerii de suprafață	Eroziunea solului $m^3 \cdot ha^{-1}$
– Tratamentul codrului grădinarit	0,079	2,1
– Tratamentul tăierilor progresive cu perioadă lungă de regenerare	–	4,2
– Tăieri rase în benzi înguste	0,250	35,0
– Tăieri rase	0,436	320,0

Nu putem lăsa nementionat adevărul potrivit căruia chiar în fondul forestier al țării există mari suprafețe neeficiente ecoprotectiv sau cu o slabă eficacitate funcțională (circa 1,3 milioane ha; Adorjani *et al.*²). Alte păduri sunt deteriorate atât de pășunatul abuziv (illegal), cât și de cel admis legal.

Un ilustru silvicultor, martor al stărilor de acum 60 de ani, ne-a transmis următoarea evaluare: „Marea parte a pădurilor particulare și o parte însemnată din cele ale persoanelor juridice sunt folosite în mod barbar, iar starea în care se află legitimează o urgentă intervenție din partea statului, care să oprească procesul de fărâmițare a proprietății particulare și să întrunească mai multe proprietăți într-o singură unitate de producție” (Georgescu, 1947). Acum istoria se repetă!

d) *Ritmul redus de împădurire a terenurilor degradate din afara fondului forestier și de amenajare a torenților.* Există în fondul agricol din România peste 7 milioane de hectare de terenuri afectate de diverși factori distructivi (eroziune prin apă, eroziune prin vânt, exces periodic de apă, schelet excesiv, sărăturare, rezervă mică în humus, aciditate puternică, poluare chimică etc.) (Dumitru *et al.*, 2002), din care o suprafață

² A se vedea capitolul 5 al prezentei lucrări.

de 2,5–3,0 milioane hectare este inaptă pentru o agricultură rentabilă, putând fi pusă în valoare doar prin împăduriri cu rol de protecție și producție. Mari suprafețe de terenuri degradate din fondul agricol se află în bazine hidrografice torențiale.

e) *Practicarea pe terenurile agricole a unor folosințe și a unor lucrări favorabile erodării solului și dereglării regimului hidrologic și destabilizării versanților.* Dintre aceste practici menționăm: culturile prășitoare pe terenuri înclinate, arături pe linia de cea mai mare pantă, supraîncărcarea pășunilor cu animale. Evaluările efectuate de Zachar (1982) sunt de mare utilitate pentru cunoașterea intensității proceselor erozionale pe categorii de folosințe ale terenurilor (100% – cuantumul eroziunii pe teren fără vegetație – $\text{tone} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$)

	(%)
– grădini cu sol lucrat	80–90
– culturi de sfeclă de zahăr sau porumb	90
– culturi cu rădăcinoase sau tuberculi	50–80
– culturi de cereale de primăvară	30–50
– culturi de cereale de iarnă	5–35
– culturi de ierburi anuale	1–5
– terenuri cu ierburi multianuale (perene)	0,5
– pădure normală	0,01

S-a constatat însă că pădurea naturală, optim structurată oferă o protecție eficientă versanților din bazinele hidrografice. De exemplu, eroziunea solului pe versanți împăduși este de 10 – 300 ori mai mică decât cea produsă pe terenurile lipsite de vegetație forestieră, mai ales pe versanți cu terenuri degradate (A se vedea capitolul 4).

f) *Deteriorarea și abandonarea unor lucrări de amenajare a torenților.* Această carență s-a intensificat în ultimele două decenii, ceea ce a contribuit la reactivarea proceselor torențiale din unele bazine hidrografice.

Se apreciază că pe căile menționate mai sus (pct. a – f) în România se pierde anual peste 200 milioane tone de sol fertil, majoritatea pierderilor provenind de pe terenurile agricole. Grave sunt victimele omenești și pagubele enorme produse de inundații și alunecări de teren, cu precădere în bazinele hidrografice destabilizate, cum au fost inundațiile din vara anului 2008 produse în Maramureș și Moldova.

15.2. BAZINELE HIDROGRAFICE TORENȚIALE ȘI CLASIFICAREA FUNCȚIONALĂ A ARBORETELOR

Cum era firesc, încă de la primele clasificări funcționale ale pădurilor (Popescu-Zeletin, 1952) oficializate (HCM³ nr. 144 din 1954), s-a adoptat o astfel:

³ Hotărârea Consiliului de Miniștri.

„Arborete situate pe versanți cu formațiuni torențiale sau pe cei care sunt *expuși* unor astfel de formațiuni, precum și arboretele de pe terenurile cu pantă mai mare de 45°”.

La următoarele revizuri ale acestei clasificări, din păcate, s-a renunțat la încadrarea în grupa pădurilor cu funcții speciale de protecție a arboretelor situate pe versanți *expuși* torențializării (Popescu-Zeletin *et al.*, 1972). Ulterior, au intervenit și alte simplificări (renunțări). Dar în baza cercetărilor noastre, limita de 45° menționată mai sus, a fost coborâtă la 30-35 grade, ceea ce a constituit o îmbunătățire substanțială a sistemului de zonare funcțională a pădurilor (Giurgiu, Pătrășcoiu, 1978).

Prin „Normele tehnice pentru alegerea și aplicarea tratamentelor”, adoptate în 1988, ca și prin „Normele tehnice pentru amenajarea pădurilor” (1986) s-a oficializat formularea: „Pădurile din bazinele torențiale sau cu transport excesiv de aluviuni, determinate prin studii hidrologice, de amenajare a pădurilor sau de amenajare a bazinelor hidrografice”. De data aceasta, pe baza cercetărilor anterioare (Giurgiu, 1982; Giurgiu, Dissescu *et al.*, 1987), arboretele încadrate în respectiva categorie funcțională au fost trecute în tipul de categorii funcțional III pentru care nu se admite decât aplicarea de tratamente intensive: tratamentul codrului grădinărit sau tratamentul codrului cvasigrădinărit. Aceleași soluții au fost adoptate și prin „Normele tehnice pentru amenajarea pădurilor” oficializate în 2000.

Dacă studiem însă statisticile referitoare la structura pădurilor în grupe, subgrupe și categorii funcționale, constatăm că suprafața fondului forestier încadrată în categoria arboretelor din bazinele hidrografice torențiale este extrem de redusă, de sub 1%, cu mult sub așteptări, în totală contradicție cu suprafața bazinelor hidrografice torențializate și cu lungimea rețelei hidrografice, având un pronunțat caracter torențial (circa 60% din lungimea rețelei hidrografice a țării noastre).

La acest rezultat paradoxal au contribuit cel puțin trei cauze:

- lipsa unor criterii cuantificabile pentru încadrarea bazinelor hidrografice în categoria celor torențiale;
- insuficienta pregătire profesională și experiență a inginerilor amenajști pentru a lua o decizie temeinică în acest domeniu;
- încadrarea cu prioritate a unora dintre aceste arborete în alte categorii funcționale aparținând tipurilor de categorii funcționale superioare, frecvent în tipul II.

O altă explicație constă în faptul că însăși metodologia adoptată în acest scop nu a luat în considerare bazinele *expuse* la torențialitate.

Pe de altă parte, dintr-o lucrare efectuată de Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (Oprea *et al.*, 1996), aflăm că în România ar exista circa 3 200 de bazine hidrografice mici extinse pe aproape un milion de hectare, din care în fondul forestier pe 700 mii hectare, iar în fondul agricol pe numai 300 mii hectare! Evident, există unele carențe metodologice.

Iată de ce vor fi necesare noi cercetări multi și interdisciplinare pentru elaborarea unei corecte metodologii de încadrare a bazinelor hidrografice

în categoria celor torențiale, dar și pentru nominalizarea și delimitarea celor *vulnerabile la torențialitate*.

Oricum, metodologia actuală, de încadrare a arboretelor pe categorii funcționale, urmează să fie revizuită astfel încât aceasta să cuprindă cel puțin două categorii specifice amenajării bazinelor hidrografice și amenajării pădurilor:

- arboretele situate în bazine hidrografice torențiale (încadrate în tipul III de categorii funcționale);

- arborete situate în bazine hidrografice expuse (vulnerabile) la torențialitate (încadrate în tipul IV de categorii funcționale sau chiar, în anumite cazuri întemeiate, în tipul III de categorii funcționale).

La aceste categorii funcționale se adaugă arboretele din bazinul hidrografic torențial, încadrate în tipurile de categorii funcționale superioare (T II și T I).

Față de complexitatea problemei date, apare necesitatea ca această dificilă și urgentă lucrare să fie elaborată numai în colaborare, de către silvicultorul amenajist și de specialistul în domeniul amenajării bazinelor hidrografice, pe cât posibil anticipat lucrărilor de amenajare a pădurilor.

15.3. CONSIDERAȚII REFERITOARE LA OPTIMIZAREA PROCENTULUI DE ÎMPĂDURIRE PE BAZINE HIDROGRAFICE

Gestionarea fondului forestier dintr-un bazin hidrografic torențial sau expus la torențialitate și, implicit, optimizarea procentului de împădurire al acestora, trebuie concepută și îndeplinită respectând principiul potrivit căruia această activitate reprezintă doar o parte din ansamblul de lucrări – silvice, agricole și de altă natură – necesare amenajării *complexe și integrate* a bazinului respectiv. Altfel spus, „măsurile și lucrările prevăzute pentru controlul apei și solului trebuie să fie *reciproc integrate*, atât din punct de vedere tehnic (al funcționalității), cât și spațial (de la cumpăna apelor până la partea inferioară a bazinului), astfel încât toate la un loc să constituie un *ansamblu unitar*” (Munteanu *et al.*, 1991).

O primă problemă constă în *optimizarea folosințelor terenului* (pădure, pajiște, arabil etc.) din fiecare bazin torențial sau expus la torențialitate, procentul de împădurire putând lua valori de la 50 la 100 (mai mare în părțile superioare ale bazinelor, în bazinele cu terenuri foarte înclinate, cu substraturi litologice friabile, în bazinele deja torențializate etc.).

Evident, defrișările trebuie categoric interzise, iar împăduririle urmează să fie puternic extinse, aplicând soluțiile de împădurire recomandate de cercetările științifice de profil⁴.

Cum în partea superioară a bazinelor hidrografice montane se află sediul celor mai bogate precipitații (de peste 1100 mm) și al celor mai violente

⁴ A se vedea Capitolul 4 din prezenta lucrare.

concentrări de mase de apă în rețeaua hidrografică, va fi necesară *ridicarea limitei superioare a vegetației forestiere (inclusiv a jnepenișurilor) până la limita natural-potențială* (Giurgiu, 2004). Aici, scurgerile de suprafață în terenurile cu vegetație forestieră „sunt extrem de reduse, practic neglijabile, în pofida pantelor mari pe care le ocupă pădurile cercetate și în general molidișurile de limită. Ele sunt de același ordin de mărime ca stocarea în litieră și nu depășesc decât rareori $10 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$, ceea ce reprezintă mai puțin de 1% din totalul precipitațiilor ajunse la sol. Puternica frânare a apelor de suprafață prezintă o semnificație ecologică deosebită. Se știe că locul ocupat de molidișurile de limită este esențial pentru strategia apei de pe spații geografice mari; ele ocupă partea cea mai de sus a versanților, unde se formează rețeaua hidrografică și unde pericolul eroziunii este maxim. Avem, apoi, în vedere că scurgerile în jnepenișuri sunt zero” (Bândiu *et al.*, 1987. În: Giurgiu, Dissescu *et al.*, 1987).

Pentru aceste etaje bioclimatice se impune elaborarea de tehnologii ecologice pentru împăduriri cu jneapăn, prin cembra, molid de mare altitudine; primele cercetări experimentale sunt de bun augur (Pânzaru, 1983; Pânzaru Untaru, Cenușă, 1999).

Extinderea suprafeței pădurilor urmează să constituie o activitate prioritară și pentru bazinele hidrografice torențiale și expuse la torențialitate situate în etajele bioclimatice mijlocii și inferioare (FM_3 , FM_2 , FM_1 , FD_4 , FD_3 , FD_2 , FD_1), având în vedere atât terenurile degradate, cât și cele abandonate de proprietari. Ultima categorie de terenuri, în condițiile noi – ale economiei de piață – cunoaște o extindere accentuată, fapt explicabil dacă avem în vedere că unele terenuri devin nerentabile pentru agricultură. Cumpărarea lor de către stat și trecerea lor în fondul forestier devine astfel o acțiune benefică sub raportul amenajării bazinelor hidrografice.

Evident, creșterea suprafeței pădurilor din bazinele hidrografice torențiale și expuse la torențialitate se integrează în *Programul național de împădurire* oficializat odată cu adoptarea noului Cod silvic (Legea nr. 46 /2008), potrivit căruia, până în anul 2035, suprafața pădurilor țării trebuie majorată cu două milioane hectare, inclusiv prin crearea de perdele forestiere antierozionale și de interes hidrologic.

Desigur, optimizarea procentului de împădurire urmează să se realizeze la nivelul fiecărui bazin hidrografic, indiferent de mărimea lui.

O ultimă precizare.

Optimizarea folosințelor prin creșterea substanțială a gradului de împădurire pe bazine hidrografice, în numeroase cazuri, nu va fi suficientă; va fi necesar să se apeleze și la lucrări hidrotehnice fără de care „nu se poate realiza, în timpul dorit, nici apărarea obiectivelor periclitate de viiturile torențiale și nici instalarea vegetației [...], dar rolul determinant revine lucrărilor de refacere a vegetației, a cărei natură, structură și repartizare spațială se stabilesc în conformitate cu necesitățile amenajării hidrologice” (Munteanu *et al.*, 1991).

15.4. CU PRIVIRE LA BAZELE ȘTIINȚIFICE ALE GESTIONĂRII DURABILE A PĂDURILOR CU FUNCȚII HIDROLOGICE ȘI DE PROTECȚIE A SOLULUI

Cercetările întreprinse în cadrul programului „Stabilirea modelelor de structuri optime pentru pădurile din grupa I, cu funcții speciale de protecție” (Giurgiu, Dissescu *et al.*, 1982), rămase în mare parte în manuscris, dar publicate în rezumat (Giurgiu, Dissescu *et al.*, 1987)⁵ au adus contribuții științifice importante pentru gestionarea durabilă a pădurilor din bazinele hidrografice torențiale și expuse la torențialitate. Asupra unora dintre aceste contribuții ne vom referi în cele ce urmează.

Aspecte teoretice și de principiu

a) Pădurile virgine, încă existente în spațiul montan al României, posedă structuri biocenotice și genetice de mare eficacitate funcțională, sub raport hidrologic, antierozional, climatic și din alte puncte de vedere. Până la finalizarea unor ample cercetări, de lungă durată, privind optimizarea structurii arboretelor destinate să producă efecte de protecție hidrologică și antierozională, arboretele virgine pot oferi modele de structuri acceptabile pentru silvicultura actuală, cu unele adaptări la condițiile economice și sociale concrete.

b) Stabilitatea și eficacitatea funcțională hidrologică și antierozională a arboretelor depind de diversitatea lor structurală, cu precizarea că stabilitatea și efectul funcțional maxim corespund unei *optime diversități biologice*, dependentă la rândul ei de bonitatea biotopului și de vârsta arboretului.

c) Principiile ecologice fundamentale sunt perfect valabile și în cazul stabilirii raportului dintre diversitate și stabilitate în ecosistemele forestiere cu funcții de protecție a apei și solului. Astfel:

- cu cât vor fi mai bogate și diverse condițiile de mediu, cu atât va trebui să fie mai mare diversitatea structurală a arboretelor respective;

- cu cât condițiile staționale sunt mai nefavorabile, cu atât trebuie să fie mai simplificată structura arboretelor sub raportul numărului de specii componente și al etajării populațiilor fitocenozei forestiere.

d) Din punct de vedere al etajării arboretelor și al structurii pe vârste a acestora, optimizarea se realizează, în cazul speciilor de umbră și semiumbră, prin promovarea structurilor pluriene și relativ pluriene, grădinate și cvasigrădinate. În schimb, în cazul speciilor principale de lumină, optimizarea structurii verticale se realizează prin constituirea de arborete etajate.

e) Optimizarea structurilor funcționale, îndeosebi pentru funcțiile hidrologice și antierozionale, nu va putea fi îndeplinită fără existența unui bogat subarborescent, mai ales în cazul arboretelor de stejari.

⁵ Colectiv de cercetare: V. Giurgiu, R. Dissescu, C. Bândiu, Cr. Stoiculescu, R. Gaspar, I. Barbu, R. Cenușă, Gh. Moja, Tr. Iacob, V. Decu, E. Germanovschi *et al.*

f) Eliminarea unei singure verigi din lanțul biocenotic al ecosistemelor forestiere – îndeosebi din cel al arboretelor destinate să îndeplinească funcții de protecție a apei și solului – este de natură să destabilizeze întreaga structură a biocenozei, diminuându-i astfel eficacitatea funcțională.

g) Maximizarea stabilității și eficacității funcționale ale arboretelor depinde în mare măsură și de biodiversitatea genetică a biocenozei forestiere (Asupra acestei probleme urmează să se pronunțe viitoarele cercetări interdisciplinare).

h) Arboretele optim diversificate sub raportul structurii lor, conduse până la perioada de policlimax, sunt funcțional eficiente și polivalente, putând răspunde la un mare număr de cerințe ecologice, economice și sociale, inclusiv la cerințele referitoare la protecția apei și a solului din bazinele hidrografice torențiale și a celor expuse la torențialitate. În cazul arboretelor echine și relativ echine numai la vârste înaintate ale lor apar în evidență diversitatea structurală și însușirile de protecție în toată amploarea lor. În consecință, pădurile de protecție a apei și solului implică arborete cu structuri grădinarite sau cu structuri relativ pluriene și relativ echine, dar conduse la vârste relativ mari.

i) Structura arboretelor este unică și inseparabilă. De aceea, în practică, rezolvarea problemelor referitoare la alegerea compoziției, metodelor de regenerare și îngrijire a arboretelor trebuie să se abordeze integrat, punând în aplicare conceptul de tratament ca sistem al lucrărilor care se întreprind în păduri de la întemeierea și până la exploatarea arboretelor.

În privința funcției de protecție a solului și apei

a) Între structura arboretului, exprimată prin densitate și compoziție, pe de o parte, și dinamica procesului de eroziune a solului, pe de altă parte, există o corelație, în general semnificativă; cu cât densitatea este mai mică cu atât eroziunea solului este mai mare, ceea ce atenționează asupra necesității conducerii arboretelor cu funcții de protecție a solului la consistențe relativ mari; în perioada de regenerare nu se justifică reducerea bruscă a densității, din acest punct de vedere fiind indicate tratamentele cu perioadă lungă sau cu proces continuu de regenerare.

Influența consistenței arboretelor asupra dinamicii eroziunii solului crește cu înclinarea terenului, ea fiind foarte evidentă la înclinări de peste 35 grade și semnificativă, în corelație cu ceilalți factori determinanți ai stațiunii, la înclinări de sub 40 grade. Această influență se reflectă în cantitatea de sol erodat (tabelul 15.2).

Tabelul 15.2

Material total (g/m^2) erodat de pe versanți într-un arboret echien de molid (60 de ani) și într-un arboret relativ pluriene de fag (Moja, Dissescu, 1987).
În: Giurgiu, Dissescu, 1987)

Anul	În arboretul de molid		În arboretul de fag	
	Înclinarea (grade)		Înclinarea (grade)	
	sub 40	peste 40	sub 40	peste 40
1980	288	461	66	147
1981	196	430	143	177
1982	151	118	—	—

S-a constatat că stabilitate maximă și efecte funcționale mărite se realizează, de regulă, la stări optime ale consistenței arboretelor, respectiv la indici de închidere a coronamentului mai mari de 0,8.

Dintre celelalte elemente ale structurii arboretelor, compoziția acestora are, de asemenea, un rol important în procesele de eroziune a solului. Astfel, *făgetele cu litiera lor protejează mai bine solul împotriva eroziunii decât molidișurile*. La același nivel al precipitațiilor, efectul antierozional al arboretelor este – independent de compoziție – cu atât mai evident cu cât crește înclinarea terenului.

Scăderea efectului antierozional pe măsura scăderii densității arboretelor este mai lentă în făgete și mai pronunțată în molidișuri.

Așa încât, sub raport antierozional a fost evidențiată supremația fagului față de molid, ceea ce oferă o bază științifică pentru alegerea structurii compoziționale a arboretelor cu funcții de protecție a solului din subetajul amestecurilor de fag cu rășinoase (tabelul 15.2). *Se justifică astfel reconsiderarea fagului pe un plan mult mai larg decât cel al funcțiilor de producție.*

b) În baza cercetărilor efectuate în făgete, s-a desprins concluzia potrivit căreia efectul antierozional și hidrologic exercitat de componentele subterane ale biocenozei forestiere – rămase după recoltarea părții supraterane – se reduce vertiginos și practic încetează după 4–5 ani de la tăierea definitivă. Astfel încât, după această perioadă, solul – lipsit de elementele de rezistență ale rădăcinilor și cioatei care se descompun rapid după tăierea arborilor – este expus degradării de suprafață și de profunzime, în condiții favorabile fiind expus alunecărilor de teren. Scurgerea de suprafață se accentuează puternic.

Pentru ca procesul de transfer al funcției hidrologice și antierozional al arboretului de la o generație la alta să se facă treptat, fără pierderi și numai pe măsura instalării și dezvoltării noii generații, se impune ca *durata minimă a perioadei de regenerare să fie de 25-30 ani, ceea ce se poate realiza numai prin intermediul tratamentelor cu perioadă foarte lungă sau cu proces continuu de regenerare*. Această condiție obligă la formarea de arborete cu structuri pluriene și relativ pluriene, foarte rar relativ echiene,

cele echine fiind categoric incompatibile cu cerințele funcțiilor de protecție hidrologică și antierozională.

c) Cu privire la caracteristicile biometrice ale biomasei subterane, în raport cu structura arboretelor de molid și de rășinoase cu fag din Bucovina, în vederea aprecierii însușirilor hidrologice și antierozionale, cercetările întreprinse (Barbu, Cenușă, 1987. În: Giurgiu, Dissescu, 1987) au evidențiat că:

- arboretele cu structură plurienă favorizează formarea în subteran a unei biomase mai mari, constituită din rădăcini mai groase și mai puternice, care pătrund mai adânc în sol, valorificând astfel mai bine decât arboretele echine potențialul edafic și imprimând întregului ecosistem o stabilitate mai mare la adversități, în special la vânt;

- participarea fagului în compoziția arboretelor din formația amestecurilor de rășinoase cu fag mărește substanțial fitomasa subterană, precum și profunzimea sistemului radicular. Astfel că menținerea fagului în amestec, în proporție de 40–50%, constituie o condiție esențială pentru asigurarea funcționalității optime a arboretelor de protecție antierozională și hidrologică. Totodată, structura plurienă și amestecată asigură permanența fertilității solului în condiții mai bune decât arboretele echine și pure;

- *majoritatea rădăcinilor subțiri, eficiente sub raport fiziologic, se concentrează în primii 10–20 cm de la suprafața solului, astfel încât erodarea sau tasarea acestui strat – ca urmare a exploatarei lemnului sau pășunatului ori altor cauze – influențează negativ nu numai funcția hidrologică și antierozională, dar și pe cea de producție.*

Așa încât, sub raportul funcțiilor hidrologice și antierozionale, se impune reconstrucția ecologică a molidurilor pure din subetajul amestecurilor de fag cu rășinoase.

d) Cercetările ecologice efectuate în ecosisteme de carst din nordul Olteniei și din Munții Apuseni (Decu *et al.*, 1987. În: Giurgiu, Dissescu, 1987) au demonstrat rolul excepțional al structurii asupra eficacității funcționale a arboretelor. Tăierile rase – care obligă la formarea de noi arborete cu structuri echine – au urmări dintre cele mai dezastruoase asupra echilibrului ecologic, perturbând regimul hidrologic și producând eroziuni ale solului. Se produc modificări profunde în biotop – uneori inversibile – ceea ce produce schimbări radicale și nedorite asupra compoziției și productivității vegetației forestiere. Cele mai profunde modificări după tăieri rase, implicate de structurile echine, privesc: transferul rapid al precipitațiilor în freatic prin macrofisuri, transformând zonele respective din zone bogate în precipitații în zone aride; majorarea albedoului; schimbarea nefavorabilă a faunei de litieră cu urmări negative asupra fertilității stațiunii; declanșarea proceselor erozionale etc. După asemenea tăieri, biotopul se comportă ca un sistem închis-dezorganizat,

spre deosebire de pădurea rațional gospodărită care este guvernată de legile sistemelor deschise cu autoreglare. De aceea, menținerea arboretelor de pe carsturi la structuri apropiate de cele naturale (pluriene și relativ pluriene, amestecate și formate din specii locale, conduse la vârste mari și consistente ridicate), precum și interzicerea tăierilor rase și cvasirase, constituie condiții esențiale pentru o silvicultură ecologică a zonelor de carst.

e) Pădurile, indiferent de structura lor – cu excepția celor degradate, intens pășunate și nerațional exploatate – contribuie în mai mare măsură decât pășunea la reducerea debitelor maxime și a scurgerilor de suprafață; rolul hidrologic al pădurilor este însă mai important în cazul solurilor ușoare și mai redus în cel al solurilor grele.

f) Pentru arboretele echine și relativ echine a fost elaborată o metodă pentru determinarea vârstei exploatabilității de protecție hidrologică (metoda substituirii). S-a demonstrat că vârsta exploatabilității de protecție hidrologică și antierozională se realizează la vârste de 120-160 de ani (pentru arboretele de fag, brad, molid și gorun).

Atât debitul maxim, cât și coeficientul de scurgere cresc cu cât arboretele sunt mai tinere și mai rare. Cu cât pădurea este mai bătrână, iar volumul aparatului său foliar și al literei sunt mai mari, cu atât și efectul antierozional este mai pronunțat. Acest fapt atenționează asupra *necesității majorării vârstelor exploatabilității și a ciclurilor pentru pădurile de protecție*, în așa fel încât proporția culturilor și a arboretelor tinere – ineficiente sub raport funcțional – să fie redusă.

g) Rolul hidrologic al pădurilor este, în cazul aceleiași structuri (compoziție, consistență, vârstă), mai accentuat în cazul solurilor ușoare și mai redus pe solurile mijlocii și grele.

h) Cu cât terenurile sunt afectate de procese de eroziune mai intense, cu atât rolul de protecție al pădurilor este mai slab, dar totuși superior celui realizat de vegetația erbacee.

i) Cu cât pădurea este mai bătrână, dar volumul aparatului său foliar și al literei sunt mai mari, cu atât efectul antierozional este mai pronunțat, pe oricare din tipurile considerate, de degradare a solului.

j) Raportul dintre volumul de aluviuni provenite de pe versanți acoperiți cu vegetație forestieră cu structură optimă și volumul de aluviuni poate constitui un foarte expresiv „indice de protecție antierozională”.

k) Volumul de aluviuni transportat de pe rețeaua de albie a bazinelor hidrografice este superior celui de pe versanți (cu excepția celor extrem de destabilizați).

l) Cu cât terenurile sunt afectate de procese de eroziune mai intense, cu atât rolul de protecție al pădurilor este mai slab, dar, totuși, superior celui realizat de altă vegetație.

*Referitor la structura și stabilitatea vegetației forestiere de mare altitudine*⁶

a) Pădurea de limită ocupă un biotop extrem din punct de vedere climatic, de o mare fragilitate ecologică, ceea ce imprimă silviculturii din zonă un accentuat caracter preventiv.

b) Un aspect al instabilității aerohidrice sunt căderile extrem de severe de umiditate atmosferică (până la 10–15% și chiar mai jos, de la 90–95%), pe parcursul a numai 3–4 ore din zi. Minimele se pot produce în orice anotimp, în orice lună, în oricare zi, fără o regulă precisă, dar sunt mai frecvente primăvara timpuriu și la începutul toamnei.

c) Modelarea climatică exercitată de pădure este însemnată, însă inegală ca intensitate, în funcție de parametrul meteorologic considerat și structură. Astfel, în domeniul aerotermic diferențele pădure – loc deschis sunt apreciable ca mărime (până la minus 4–5°C ziua și plus 2–3°C noaptea), iar atenuarea se exercită neîntrerupt; în domeniul aerohidric însă diferențele sunt mult mai mici, existând și perioade de inversare a valorilor (toamna târziu), iar atenuarea este foarte slabă, făcându-se cu intermitențe.

Puternică este interceptia precipitațiilor de către pădure (între 22 și 30% din totalul în loc deschis), ceea ce influențează circuitul hidrologic. Asupra zăpezii, modelarea se exercită în două direcții: ca durată (mai mare sub pădure cu 15–25 zile) și ca grosime (mai mică sub pădure cu 50–60 cm).

Structura plurienă este, comparativ cu structura echienă, mai avantajoasă ecologic, avantajul constând dintr-un regim termohidric mai favorabil pentru descompunerea litierii și viața microorganismelor din sol (suprafața solului mai caldă) și un circuit al apei mai bogat și mai activ (intercepție mai mică în coronament și litieră).

d) Una din cele mai însemnate funcții ale pădurii de limită cu largi implicații pentru mediul de viață de la toate nivelele altitudinale – este cea hidrologică și antierozională. În acest domeniu eficiența pădurilor naturale de limită este extraordinară, reducând la limită scurgerile de suprafață (în general sub 1% din totalul precipitațiilor) și frânând eroziunea aproape total (până la 8–45 kg material solid/ha). Aceasta influențează favorabil calitatea apelor (limpezimea) și infiltrațiile, care în cazurile cercetate de noi depășesc 500 mm /an (5000 t·ha⁻¹). Este interesant de menționat că în jnepenișuri, formația cu care pădurea de limită își împarte terenul și destinul ecologic, păstrând un permanent contact, scurgerile de suprafață sunt aproape inexistente.

e) O funcție mai puțin cunoscută, dar nu mai puțin importantă, este apărarea climatico-antialpină. Ea nu se poate exercita plenar decât în prezența tuturor barierelor de rezistență create de natură între golul alpin și pădurea de molid de la altitudini mai mici (metazonală).

f) Consecința dezorganizării frontului de rezistență către golul alpin prin suprimarea uneia sau a mai multor biostructuri este disfuncția de adaptare climatică. Ea afectează în special puieții, care fiind încă prea slabi

⁶ Prelucrare după Bândiu et al. (1987) (În: V. Giurgiu, R. Dissescu, 1987).

fiziologic, se usucă în masă. Uscarea se datorește în principal nepotrivirii dintre consumul exagerat de mare de apă prin transpirație și imposibilitatea acesteia de a se aproviziona din solul încă înghețat (primăvara timpuriu). Concomitent, se produce și un dezechilibru metabolic, periculos prin creșterea respirației și reducerea fotosintezei până la valori negative. Comparativ cu laricele, molidul local este mai rezistent, parcurgând și mai multe faze biomorfologice intermediare până la uscarea finală (4 față de 2).

g) Sub raportul climatic și antierozional molidușurile pluriene sunt superioare molidușurilor echine.

h) Nu numai puieții, dar chiar și arborii de la limita superioară a pădurii se află sub imperiul unui stres climatic neîntrerupt, ceea ce are loc în condiții ambientale obișnuite pentru marile altitudini. În consecință, în condiții de structură necorespunzătoare, pe lângă modificările morfologice cunoscute, apar și o serie de modificări fiziologice importante, printre care: fotosinteză mai redusă (consum mare de energie, cu slabă eficiență metabolică), transpirație puternică, presiune osmotică foliară ridicată, efort fiziologic prelungit, concentrarea substanțelor intens energetice (zaharuri, N) în organele verzi etc.

i) *Conservarea structurilor naturale ecologice și genetice ale arboretelor din zonă constituie singura soluție de adoptat pentru gospodărirea pădurilor de limită.*

j) Pentru corectarea unor greșeli de silvicultură sau a urmărilor unor catastrofe naturale care au dus la declanșarea fenomenului de uscare în masă a ecosistemelor tinere de molid, se recomandă acțiuni de reconstrucție ecologică prin plantații în biogrupe formate din 4–5 exemplare de vârstă mare (5–6 ani) în centru și 16–20 exemplare de vârstă mică (3 ani) pe margini. Spațiul dintre grupe va fi ocupat de arbuști subalpini (jneapăn), specii pioniere și specii de amestec (prin cembra), dispuse în teren izolat sau în benzi de rezistență împotriva climatului alpin. Pentru diversificarea structurii se justifică și este posibilă, așadar, cultura pinului cembra și a jneapănului.

k) Exploatarea forestieră din pădurile de limită superioară trebuie oprită cât mai urgent. Se impune gospodărirea lor în regim de conservare specială. Regimul de ocrotire și conservare specială trebuie extins și asupra jnepenișurilor. În scopuri de protecție, ele trebuie scutite de sarcini economice (recoltarea lujerilor, tăieri etc.), iar defrișarea lor se cere oprită prin lege (ceea ce s-a realizat prin Codul silvic adoptat în anul 2008).

l) În privința benzilor de pădure de protecție la limita superioară – până la noi cercetări – se recomandă lățimi de 200–300 m.

15.5. RECOMANDĂRI GENERALE REFERITOARE LA GESTIONAREA DURABILĂ A PĂDURILOR DIN BAZINELE HIDROGRAFICE TORENȚIALE

În baza considerațiilor prezentate succint în subcapitolele anterioare și a altor informații științifice cuprinse în manuscrisul amintit mai sus⁷ și având în

⁷ „Stabilirea modelelor de structuri optime pentru pădurile din grupa I, cu funcții speciale de protecție” (Giurgiu, Dissescu et al., 1982).

vedere amplificarea impactului schimbărilor climatice globale, îndeosebi ale viiturilor rapide de tip „*flush-flood*” (Bălteanu, Șerban, 2005; Giurgiu, 2005a), prezentăm în continuare principalele acțiuni pentru *gestionarea durabilă a pădurilor din bazinele hidrografice torențiale și vulnerabile la torențialitate*.

a) Oprirea defrișărilor, în primul rând a celor ilegale, defrișări care – incredibil – au loc și în prezent sub neputința și, uneori, cu îngăduința unor oficialități din poliție, jandarmerie, justiție și silvicultură. Chiar și legislația silvică (încă insuficient de restrictivă) este marginalizată în justiție.

b) Optimizarea gradului de împădurire a fiecărui bazin hidrografic (în limitele menționate la subcapitolul 15.3), punând în aplicare „Programul național de împădurire”, îndeosebi în zonele superioare ale bazinelor hidrografice montane, inclusiv prin crearea de perdele forestiere de protecție hidrologică și antierozionale.

c) Identificarea și delimitarea bazinelor hidrografice torențiale și a celor vulnerabile la torențialitate din România, prin studii elaborate în colaborare de silvicultori și specialiști în gospodărirea apelor și în amenajarea teritoriului, anticipat lucrărilor de amenajare a pădurilor. În acest scop va fi necesară elaborarea unei metodologii de specialitate bazată pe criterii concrete, științific stabilite.

Pentru o mai corectă rezolvare a acestei probleme prezintă interes atât sistemul de cartare hidrologică a terenurilor forestiere, cât și metoda de cartare a surselor de aluviuni (Apostol *et al.*, 1972–1987; Gaspar, 1985, citați de Clinciu, Lazăr, 1999), desigur, după o necesară ameliorare care va trebui îndeplinită în baza unor cercetări experimentale în bazine hidrografice etalon.

d) Zonarea funcțională a pădurilor în baza criteriilor de specialitate (Giurgiu, 2005b), cu luarea în considerare și a propunerilor din subcapitolul 15.2. referitoare la adoptarea unei noi categorii funcționale: „*Păduri situate în bazine hidrografice vulnerabile la torențialitate*”. Evident, această lucrare face parte din ansamblul amenajării pădurilor.

e) Constituirea de subunități de gospodărire pentru pădurile supuse *regimului special de conservare*, respectiv pentru arboretele încadrate în tipul II de categorii funcționale, cum sunt: arboretele situate pe stâncării, grohotișuri și pe terenuri cu eroziune în adâncime, cu alunecări active, precum și pe terenuri cu pante mari (de peste 35° sau de peste 30° dacă substratul litologic este format din fliș, din nisipuri și pietrișuri); arboretele din jurul construcțiilor hidrotehnice situate în zona cu teren accidentat sau cu pericol de eroziune și alunecare; vegetația forestieră situată în zonele de formare a avalanșelor; arboretele situate pe terenuri alunecătoare; arboretele situate în perimetrele de protecție a surselor de apă minerală, potabilă și industrială; arboretele situate în jurul golurilor alpine; alte arborete din tipul II de categorii funcționale (Giurgiu, 2005b). Toate aceste arborete, îndeplinind înalte funcții de protecție a apei și solului, trebuie

scutite de sarcini economice, dar sunt obligatorii *lucrările speciale de conservare*, prin care este exclusă dezgolirea solului (Giurgiu, 1988; NTAP⁸). Pentru aceste lucrări speciale de conservare se impune, însă, o mai profundă fundamentare științifică și o aplicare mai profesionistă a lor. Se recomandă: conservarea sau realizarea de arborete având compoziții și structuri apropiate de cele ale tipului natural fundamental de pădure; completarea golurilor existente; lucrări pentru împlinirea consistenței ș.a.

f) Pentru celelalte arborete din bazinele hidrografice torențiale este necesară constituirea de unități/subunități de gospodărire pentru care este admisă reglementarea procesului de producție forestieră, luând în considerare toate arboretele încadrate în tipul III și tipul IV de categorii funcționale. Se recomandă: compoziții și structuri de tip natural; completarea golurilor; lucrări pentru împlinirea consistenței ș.a. În acest caz sunt indicate doar tratamente intensive (tratamentul codrului grădinărit, tratamentul codrului cvasigrădinărit, tratamente ale codrului neregulat aplicate deja în unele țări ale Uniunii Europene). Doar pentru unele arborete încadrate în tipul IV de categorii funcționale se pot adopta tratamente relativ intensive, cum sunt: tratamentul regenerărilor progresive cu perioadă lungă de regenerare (de 20–30 de ani) sau, în cazul făgetelor, tratamentul regenerărilor succesive cu perioadă lungă de regenerare. *Tăierile rase trebuie excluse, chiar și în cazul arboretelor de molid și pini*, adoptându-se, în schimb, tratamente intensive bazate pe regenerare naturală (tratamentul regenerărilor succesive în margine de masiv, tratamentul regenerărilor progresive în margine de masiv ș.a.). Intensitatea operațiunilor culturale va fi moderată, cu precizarea că doar pentru curățiri și prima răritură sunt indicate tăieri moderat /forte. La calculul posibilității pădurilor nu sunt indicate majorări pe seama unui eventual excedent de arborete exploatabile. Din punct de vedere hidrologic și antierozional trebuie restricționate depășirile de posibilitate din fiecare bazin hidrografic, atunci când în anii anteriori ai deceniului de aplicare a amenajamentului volumul exploatărilor a fost sub nivelul posibilității. (Din păcate, un articol al Codului silvic (2008) încalcă această cerință ecologică). La exploatarea lemnului vor fi excluse tehnologiile dereglatoare de mediu, cum sunt cele bazate pe tractoare grele (îndeosebi tractoarele cu șenile); în schimb, se va da prioritate tehnologiilor bazate pe funiculare.

g) Spre deosebire de practicile anterioare și actuale, o importanță aparte trebuie acordată modului de depozitare în parchete a lemnului exploatat și a resturilor de exploatare, astfel încât acestea, în timpul viiturilor (îndeosebi ale celor rapide) să nu formeze „baraje” în spatele cărora apar adevărate „lacuri” al căror nivel poate ajunge la un moment dat

⁸ Norme tehnice pentru alegerea și aplicarea tratamentelor. Ministerul Silviculturii, București, 1988.

la cote periculoase, cedând și formând unde de viitură cu un extraordinar potențial distructiv. Un astfel de exemplu este oferit de inundațiile catastrofale din localitatea Târlîșua (20 iunie, 2006), unde o mare cantitate de bușteni și resturi de exploatare au fost depuse sub forma unui con de dejecție la confluența a două râuri (Cocean și Cocean, 2006). Alte exemple sunt oferite de inundațiile din anii 2004, 2006, 2007 și 2008 în bazine hidrografice din Maramureș, Bucovina, Moldova (Valea Troțușului) și Țara Bârsei (Bran-Moeciu), unde bușteni și resturi de exploatare a lemnului, în condițiile unor constrângeri ale albiei râurilor (poduri, podețe ș.a.), au contribuit la formarea unor mari unde de viitură cu consecințe catastrofale (foto 2.7 și 2.8).

h) Schimbări de concepție urmează să se producă și în privința proiectării și construirii de drumuri forestiere, evitându-se dereglarea albiilor râurilor și destabilizarea versanților. De asemenea, trebuie evitat scos-apropiatul lemnului cu tractoare pe pâraie și cursuri de apă.

*

În final, ținem să precizăm că efectele benefice ale vegetației forestiere reinstalate în bazinele hidrografice mici, anterior despădurite și, acum, puternic torențializate, sunt binevenite; dar, pe termen scurt, nu sunt și suficiente pentru stingerea proceselor torențiale favorizate de remanența erozională care dăinuie pe rețeaua hidrografică a acestor bazine, chiar dacă reîmpădurirea a cuprins întreaga lor suprafață. În asemenea împrejurări lucrările hidrotehnice de profil sunt inevitabile. Cu atât mai mult această precizare este valabilă în cazul inundațiilor catastrofale provocate de precipitații extreme (de peste 80 mm), cum au fost cele din 2008 căzute în multe bazine hidrografice din Maramureș și Bucovina, bazine torențializate ca urmare a defrișărilor și tăierilor rase practicate de-a lungul deceniilor anterioare, ca și în ultima perioadă (din păcate). Dar, chiar și în asemenea cazuri, pădurile optim structurate, corespunzător amplasate în cadrul bazinelor hidrografice și având un grad ridicat de împădurire contribuie la *atenuarea* viiturilor și consecințelor acestora.

Dar, oricât de ecologice vor fi practicile silvice și lucrările de exploatare și transport al lemnului, viiturile torențiale vor provoca, în continuare, mari pagube materiale și traume omenești, dacă *amenajarea bazinelor torențiale nu va fi concepută și realizată ca o parte integrantă a dezvoltării durabile a spațiului rural*, luând în considerare toate folosințele (păduri, fânețe, pășuni, terenuri arabile, ape, căi de comunicație, spațiul așezărilor umane, amenajări turistice ș.a.) și aplicând principiile moderne ale *amenajării integrate participative* (Clinciu, 2008)⁹, accentuându-se asupra necesității schimbării folosințelor, de regulă, în favoarea pădurilor optim structurate și rațional amplasate.

⁹ A se vedea capitolul 2 al prezentei lucrări.

BIBLIOGRAFIE

- Bălțeanu, D., Șerban, M., 2005, *Modificările globale ale mediului*. Editura Coresi, București, 231 p.
- Bândiu, C., Iacob, Tr., Cenușă, R., Barbu, I., 1987, *Cercetări privind influența structurii arboretelor de la limita superioară a vegetației forestiere asupra funcțiilor de protecție hidrologică și antierozională*. În: V. Giurgiu, R. Dissescu – Structuri optime pentru pădurile de protecție. ICAS, CMDPA, București, pp. 53–66.
- Clinciu, I., Lazăr, N., 1999, *Bazele amenajării torenților*. Editura Lux Libris, Brașov, 208 p.
- Cocean, P., Cocean, G., 2007, *Cauzele și efectele viiturii catastrofale de la Târlisua, județul Bistrița-Năsăud din 20 iunie 2006*. Studia Universitatis Babeș-Bolyai. Geographia. L II nr. 1, Cluj-Napoca, pp. 47–55.
- Dumitru, M., Ciobanu, C., Manea, A., Cârstea, C., 2002, *Monitoringul terenurilor și al solurilor agricole din România*. În: V. Giurgiu (sub red.): Acad. C. Chiriță – în memoriam. Editura Ceres, București, pp. 215–231.
- Georgescu, C., 1947, *Probleme actuale ale economiei forestiere*. Revista pădurilor, nr. 7–9, pp. 147–149.
- Giurgiu, V., Pătrășcoiu, N., 1978, *Polifuncționalitatea ecosistemelor forestiere și clasificarea lor funcțională*. Polifuncționalitatea ecosistemelor forestiere, Univ. Brașov, pp. 85–93.
- Giurgiu, V., 1978, *Conservarea pădurilor*. Editura Ceres, București, 308 p.
- Giurgiu, V., Dissescu, R. et al., 1982, *Stabilirea modelelor de structuri optime pentru pădurile din grupa I, cu funcții speciale de protecție*. Manuscris, ICAS.
- Giurgiu, V., Dissescu, R., 1987, *Structuri optime pentru pădurile de protecție*. ICAS, CMDPA, București, 168 p.
- Giurgiu, V., 1988, *Amenajarea pădurilor cu funcții multiple*. Editura Ceres, București, 290 p.
- Giurgiu, V., 2004, *Gestionarea durabilă a pădurilor*. Silvologie III B, Editura Academiei Române, București, 320 p.
- Giurgiu, V. (sub red.), 2005, *Pădurea și modificările de mediu*. Editura Academiei Române, București, 238 p.
- Giurgiu, V., 2005b, *Amenajamentul în contextul gestionării durabile a pădurilor*. În: V. Giurgiu și I. Seceleanu – Amenajarea pădurilor la începutul mileniului al III-lea. Editura Academiei Române, București, pp. 9–33.
- Giurgiu, V., 2006, *Gestionarea durabilă a pădurilor și regimul apelor*. În: V. Giurgiu și I. Clinciu – Pădurea și regimul apelor. Editura Academiei Române, București, pp. 17–106.
- Giurgiu, V., Clinciu, I. (sub red.), 2006, *Pădurea și regimul apelor*. Editura Academiei Române, București, 285 p.
- Huffel, G., 1894, *Brădeturile din Carpații României*. Revista pădurilor, pp. 249–252.
- Munteanu, St., Traci, C., Clinciu, I., Lazăr, N., Untaru, E., 1991, *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări silvice și hidrotehnice*. (Vol. I). Editura Academiei Române, București, 328 p.
- Oprea, V., Seceleanu, I., Lazăr, N. et al., 1996, *Studiu de sinteză privind amenajarea bazinelor hidrografice torențiale din România*. ICAS, București. Manuscris, 103 p.
- Pânzaru, Gh., 1983, *Cercetări privind cultura jneapănului în Ocolul silvic Borșa*. Teză de doctorat. Univ. din Brașov.
- Pânzaru, Gh., Untaru, E., Cenușă, R., 1999, *Prezentarea blocului experimental Cornidei. Zâmbru, molidul de altitudine și jneapănul în reîmpădurirea terenurilor situate în condiții dificile ale zonei montane*. Manuscris. Direcția silvică Suceava. Stațiunea experimentală de cultura molidului, ICAS.
- Popescu-Zeletin, I., Pătrășcoiu, N., Dissescu, R., Enășescu, Șt., 1972, *Revizuirea criteriilor de încadrare a pădurilor pe grupe și categorii funcționale*. ICAS, Redacția Revistelor agricole, București, pp. 175–181.
- Zachar, O., 1982, *Soil erosion. Development in soil science*, 10. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York.

REGARDING THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF FORESTS FROM THE TORRENTIAL WATERSHEDS

The present day situation of torrential watersheds is analyzed in the first chapter. Over 60 per cent from the length of the hydrographic network of Romania has a strong torrential character. The state of forests from these watersheds is unsatisfactory.

The functional classification of forests from the torrential watersheds is presented in the second underchapter. The necessity of some important improvements presented in the paper resulted.

In the third underchapter we presented proposals for the substantial increase of forests area from the torrential watersheds so that the percentage of afforestation should represent 60–100 per cent from the surface of the torrential watershed.

The fourth chapter is dedicated to the scientific data of the sustainable management of forests from the torrential watersheds.

Considering these scientific data, in the last underchapter we present concrete recommendations with reference to the sustainable management of forests from torrential watersheds.

Key words: torrential watersheds, sustainable management of forests, forest and water regime.



„Vegetația, și în special cea forestieră, constituie mijlocul cel mai eficient de atenuare a viiturilor torențiale și, implicit, de combatere a eroziunii terenurilor. Dar, până la aducerea vegetației în situația de a-și îndeplini în mod eficient rolul hidrologic, obiectivele periclitate de viituri trebuie protejate, țel care se atinge prin intermediul lucrărilor hidrotehnice. Acestea din urmă se folosesc pentru amenajarea atât a versanților bazinului, cât și a albiilor și constituie componente importante în cadrul ansamblului de lucrări de amenajare”.

J. Munteanu

Reușita de excepție a profesorului Stelian Munteanu se explică și prin faptul că orice concepție, metodă, procedeu sau inovație a sa nu a rămas doar în pagini de reviste, cursuri, tratate și monografii, ci prin propriile sale stăruințe, i s-a dat viață, a fost transpusă în practică, antrenând și stimulând în acest scop instituții de specialitate, specialiști din domeniu, colaboratori, doctoranzi și chiar studenți.

Un merit, deloc minor, care trebuie apreciat ca o faptă de aleasă prețuire, îl reprezintă numeroasele și valoroasele instrucțiuni și recomandări practice, științific fundamentate, oferite cu generozitate atât instituțiilor de proiectări forestiere și agricole, cât și autorităților ministeriale de profil, majoritatea având ca obiect amenajarea torenților.

Victor Giurgiu

Întreaga evoluție a evenimentelor, ca și trendul de schimbare, confirmă atât viziunile cât și previziunile științifice ale profesorului Stelian Munteanu, care, încă de la primele participări la sesiunile Grupului de lucru FAO, dar mai ales la sesiunea a 10-a de la München (1970), a subliniat că nu există o singură soluție de urmat în restabilirea echilibrului hidrologic și vegetal al bazinelor mici, din zona de munte, și că aplicarea doar a soluțiilor devenite clasice, bazate pe abordări monodisciplinare, nu va mai corespunde în perspectivă.

Încă de atunci s-a apreciat că doar cu mijloace multi- și interdisciplinare și cu participare multisectorială poate fi asigurat succesul programelor de amenajare.

Ioan Clinciu



ISBN 973-27-0570-1